AP-CUB 取扱説明書

Ver. 1.0

UAV08-M-0040

ゼノクロス

〒890-0061　鹿児島市天保山町14-3

TEL:099-213-0511　FAX:099-213-0585

e-mail:uav@xenocross.net

目次

第1章　はじめに

このたびは，AP-CUB をお買い上げいただきまして，ありがとうございます.
AP-CUB は国産初の UAV 専用制御装置です.
お手持ちのラジコン機に AP-CUB を搭載し，セットアップと飛行試験による制御パラメータのチューニングを行えば，夢の自律飛行が可能となります.
ご使用前に本書を必ずご一読いただき，正しくご使用ください.

1.1　梱包品の確認

お手元のパッケージには，以下のものが梱包されています．不足品がないかご確認ください．なお，写真と実物は色や形が多少異なる場合があります．ご了承ください.

1. AP-CUB 本体と GPS アンテナ
2. コネクタケーブル (AP-CUB 本体と RC 受信機，サーボ等との接続用)
3. シリアル (RS232-C) 通信ケーブル (機上モデムとの接続用)
4. ソフトウェア CD-ROM
5. 動作チェック用サーボ (SANWA SX091)
6. AP-CUB システムバッテリ用オスコネクタ (2)



図 1.1: AP-CUB 本体と GPS アンテナ

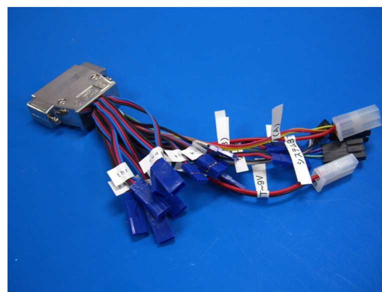


図 1.2: コネクタケーブル



図 1.3: シリアル (RS232-C) 通信ケーブル



図 1.4: ソフトウェア CD-ROM



図 1.5: 動作チェック用サーボ

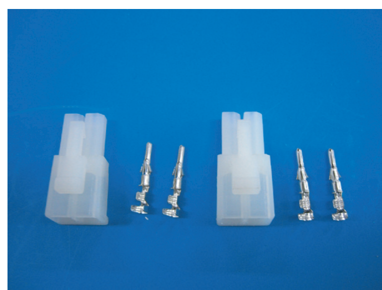


図 1.6: システムバッテリ用オスコネクタ

1.2　取扱説明書について

取扱い説明書は,「ソフトウェア CD-ROM」の中にあります.

ファイル名：AP-CUB_Manual1_0.pdf

AP-CUB の詳細な取扱い方法が記載されていますので，必ずご一読いただき，正しくご使用ください.

1.3　ユーザー登録について

以下の項目について，uav@xenocross.net 宛に電子メールでお送りください．ユーザ登録番号の発行をいたします．保証期間内の無償修理に必要ですので，必ずユーザ登録番号の発行を受けてください.
ユーザ登録番号の発行は 1 回のみですので，紛失しないように大切に保管してください.

ご連絡いただく項目
会社・団体・大学名
ご担当者名ふりがな
ご担当者名

電話番号・FAX 番号
e-mail アドレス
郵便番号
ご住所
製品シリアル番号
お買い上げ年月日
ご使用の機体名・翼幅・重量
エンジンの排気量またはモータのサイズ
UAV の使用目的
新製品やソフトウェアアップデート等のお知らせの送付を　希望する・希望しない

1.4　保証について

AP-CUB の保証期間はお買い上げ後 1 年間です．本書に記載された使用方法に従ってご使用の場合に生じた故障・不具合は無償にて対応いたしますが，以下の場合には有償となります．ご了承ください．

1. 本書に記載されていないご使用方法による場合．
2. 火災，台風，津波，地震，水害などの天災地変による場合．
3. 納入後の輸送，移動時の落下，衝撃，飛行時の墜落等による損傷の場合．
4. お客様が，AP-CUB を分解，改造，修理された場合．
5. ユーザー登録番号をお持ちでない場合．
6. ユーザー登録の内容に事実と異なる記載があった場合．
7. 消耗品類の交換の場合．

故障と思われる場合には，まず第 4 章 (p.57) をご覧になり，トラブルシューティングを行ってください．
どうしても問題が解決しない場合には，カスタマーサポート (p.61) までご連絡ください．

1.5　使用上の注意

1. お手持ちのラジコン機に AP-CUB を搭載しただけでは自律飛行を行うことはできません．セットアップと飛行試験による制御パラメータのチューニングが必要です．本書にしたがって正しくお使いください．
2. AP-CUB を使用したことによる，いかなる事故・損害についても　ゼノクロスは責任を負いかねますのでご了承ください．保険の加入 (ラジコン保険は UAV の飛行に

は適用されません．ご注意ください．) を含め，お客様自身の責任において UAV の飛行を行ってください．

3. 航空法により，UAV が飛行できる場所や上限高度 (場所により異なります) が規定されています．飛行に際しては航空法を遵守し，上限高度が不明な場合には国土交通省航空局 (http://www.mlit.go.jp/koku/koku.html) にお問い合わせください．なお，法律で許可された場所，上限高度であっても，街中での飛行はご遠慮ください．
4. 電波法により，ラジコン送信機の改造は禁止されています．また，無線モデムの種類によっては免許を受ける必要があります．電波法を遵守して飛行させてください．
5. AP-CUB を日本国外に持ち出す場合には，日本国政府の輸出許可申請など必要な手続きをお取りください．
6. その他関連する，すべての法律を遵守して飛行させてください．

1.6　オプション品について

以下のオプション品をご提供できます．必要な場合には，カスタマーサポート (p.61) までご連絡ください．

1. 無線モデム (p.10 参照)
   Futaba FDA01(RS232-C)
2. USB-RS232-C 変換ケーブル[1] (p.10 参照)
3. システムバッテリ用コネクタ (2 個は付属品として同梱．p.11 参照)
4. ピトー静圧管 (p.11 参照)
5. ピトー管またはピトー静圧管用の圧力接続チューブ (p.12 参照)
   内径 2mm の極細タイゴンチューブ
6. グランドステーションボックス (p.11 参照)
7. デジタルマップ (p.31 参照)
8. プロペラ回転数センサ (p.12 参照)

[1]一般に RS232-C インターフェースのコネクタは D-Sub9 ピンコネクタと呼ばれる 9 ピンのコネクタですが，最近のノートパソコンには RS232-C インターフェースを持つものはほとんどありません．ケーブル端の一方が USB コネクタ，他端が D-Sub9 ピンコネクタになっており，同時に信号の変換も行うケーブルが一般のパソコン量販店などで市販されています．これを使えば，RS232-C インターフェースを持たないノートパソコンでも USB インターフェースを介して RS232-C 通信が利用できます．USB コネクタの空きがない場合には，USB ハブ (同様にパソコン量販店等で入手できます) を利用します．

第2章　フライト以前の準備

2.1　フライトまでの手順

　スムーズに自律飛行を行わせるためには，ラジコン飛行の場合と同様に入念な準備と整備が欠かせません．
以下の流れにしたがって，自律飛行までの手順を説明します．手順に従って準備を進め，自律飛行をお楽しみください．

1. AP-CUB 以外に必要なものの準備 (p.10)

2. グランドステーションのセットアップ (p.13)

3. AP-CUB の機体への搭載とセッティング (p.15)

4. フライト前のセットアップ (p.25)

5. プリフライトチェック (p.39)

6. フライトテストによるパラメータのチューニング (p.47)

2.2　AP-CUB 以外に準備するもの

AP-CUB を機体に搭載し，自律飛行させるためには，パッケージ同梱品以外に以下のものが必要です.

1. ノートパソコン　1 台
   OS:Windows XP SP2，CPU：Pendium4 2.66GHz 以上，ビデオメモリ：64MB 以上，HD の空容量：5MB 以上，メモリ容量：256MB 以上のものが必要です.

2. USB-RS232-C 変換ケーブル (オプション品．p.8 参照)　1 本
   USB-シリアル変換ケーブルとも呼びます．ノートパソコンと地上側の無線モデムとの接続のために使用します.
   D-Sub9 ピンコネクタ[1]の RS232-C インターフェースをもつノートパソコンの場合には，RS232-C ストレートケーブル[2]を代わりに使用します.

3. 無線モデム一対 (オプション品．p.8 参照)
   ノートパソコンから AP-CUB にウェイポイントデータを送信したり，飛行中の UAV の制御パラメータのチューニングや，UAV の位置・速度・高度などのモニタのために使用します．地上側と機上側の一対が必要です.
   有線区間の速度が 38400bps 以上のもの (推奨：Futaba FDA01(RS232-C)) を準備し，地上側と機上側の各無線モデムの電源 (AC100V，バッテリなど) も合わせて準備します.
   なお，機上側無線モデムの電源電圧とバッテリの電圧が異なる場合，**DC/DC コンバータの使用は避け，三端子レギュレータを使用してください．**DC/DC コンバータが発生するノイズにより，RC 電波の到達距離が著しく短くなることがあります.
   AP-CUB は，ラジコン操縦による離陸および着陸を前提としていますので，離陸直後や着陸前のラジコン操縦時にノーコン・墜落に至る可能性があります.
   無線モデムによっては，使用チャンネルやマスター/スレーブなどの設定が必要な場合があります．(Futaba FDA01 の場合にはディップスイッチで行います．詳しくは取扱説明書をお読みください．)
   あらかじめ 1 台または 2 台のパソコンの間で，p.13 の通信条件を無線モデムおよびパソコンに設定し，無線モデム経由で互いに通信出来ることを確認しておいてください．テスト方法は，p.69 を参照してください．

4. ラジコンで飛行した実績のある機体　1 機
   ラジコンで飛行した実績のある機体を準備します．まだ飛行させたことのない機体の場合には，自律飛行を行わせたい飛行条件でラジコンでの飛行が可能であることを必ず確認してください.
   また，ラジコンで飛行した実績がある機体であっても，AP-CUB や無線モデム，バッテリなどの重量増加分に相当するダミーウエイトを搭載して飛行させ，問題なく飛

[1]ピン数が 9 の角の丸いコネクタです．液晶プロジェクタへの接続用コネクタは，外形は似ていますがピン数が異なります．使用できませんのでご注意ください.

[2]RS232-C の接続では，コンピュータ同士の接続には，送信線と受信線がクロスしたクロスケーブルを使用し，コンピュータとモデムなどの機器との接続には，交差していないストレートケーブルを使用します.

行できることを必ず確認してください．
ラジコンで飛行させることのできない機体，あるいは飛行が困難な機体は，AP-CUB を用いても自律飛行させることはできません．
また AP-CUB は，スロットル，エルロン，ラダー，エレベータを使用する飛行機，もしくは同等のコントロールを行う航空機に対応しています．
ヘリコプターのホバリングや遷移飛行には対応していませんのでご注意ください．
ラジコン飛行させてトリムがとれた状態での各サーボの位置を，後に設定する必要があります (p.29)．トリムがとれた状態のスロットル位置，エレベータ，エルロン，ラダーの舵面位置やトリムレバーの位置をメモするか，トリムレバーの位置に印をつけたり，プロポのメモリを利用するなどの方法で，後に再現できるように記録しておいてください．

5. グランドステーションボックス (オプション品.p.8 参照)　1 台
   ラジコン飛行中のプロポ操作量をモニタできる装置です．
   グランドステーションボックスが無くとも自律飛行は可能ですが，グランドステーションボックスを使用すると，p.29 のトリム舵角の設定を自動的に行うことができるため，前項の，ラジコン飛行によるトリム舵角の記録とパソコンによる設定の繰り返し作業を大幅に短縮することが出来ます．

6. RC プロポおよび受信機　1 セット
   プロポ用および受信機用バッテリを含みます．
   プロポは最低 5ch 必要です．ガソリンエンジン用のキルスイッチ，およびパラシュートを使用する場合には，7ch 必要です．ノイズに強い PCM のダブルコンバージョンタイプを使用してください．(推奨：SANWA Stylus)
   デュアルコンバージョンの PCM タイプ以外の送・受信機は使用しないでください．

7. サーボ駆動用バッテリ (Ni-Cd 5 セル (6V))　1 個
   Ni-Cd や Ni-MH の 4 セル (4.8V) バッテリは使用できません．(詳細は p.15 参照)

8. AP-CUB システム用バッテリ (Ni-Cd 5 セル (6V) または Li-Po 2 セル (7.4V))　1 個 (詳細は p.15 参照)
   AP-CUB システム用バッテリには付属品のオスコネクタを取り付けてください．
   なお，このオスコネクタはオプション品としてご提供できます (p.8) ので，不足する場合にはご連絡ください．

9. ピトー静圧管 (オプション品.p.8 参照) /ピトー管[3]　1 本
   AP-CUB では，対気速度を用いた制御を行います．対気速度の計測のためにピトー静圧管またはピトー管を使用します．ピトー静圧管はオプション品としてご提供できます (p.8)．
   ピトー管は，外径 2mm 強程度，長さ 150mm 程度のアルミパイプ (先端は紙やすりで外側の角を落として丸く滑らかにしてください) で代用し，機体内の圧力を静圧と

[3]風上側にパイプの口を垂直に向けて圧力 (全圧) を測定するものをピトー管と呼びます．ピトー管内部を二重にして，パイプ側面にあけた複数の小孔から流れに平行な圧力の成分 (静圧) も，全圧とは別に測定できるようにしたものをピトー静圧管と呼びます．

して利用することも可能ですが，対気速度の測定誤差が大きくなるため，AP-CUB の性能が十分に発揮されない場合があります．(p.22 参照)

10. 全圧[4] 用および静圧[5]用接続チューブ (オプション品．p.8 参照)
ピトー静圧管の場合には，全圧および静圧の各ポートと AP-CUB の全圧および静圧ポートを圧力接続チューブを使ってそれぞれ接続します．圧力接続チューブはオプション品としてご提供できます (p.8) が，ポートにゆるみ無く合うサイズの市販のビニールチューブなどを利用してもかまいません．AP-CUB 側の全圧および静圧ポートは外径 2.1mm です．
必要な長さは機体の大きさによって異なりますので，機体の大きさに合わせて準備してください．(p.22 参照)
アルミパイプ等をピトー管として使用する場合には，ピトー管の外形に緩み無く合うサイズのものを選んでください．ピトー管を利用する場合には，機体内圧力を静圧として代用しますので，静圧用接続チューブの端は機体内に設置します．したがって 10cm 程度の長さで十分です．

11. 分度器
サーボホーンの回転角を測定します．

12. プロペラ回転数センサ (p.8)
オプションのプロペラ回転数センサ を使用すると，プロペラの回転数をモニタすることが出来ますが，必須ではありません．

[4]ピトー管およびピトー静圧管の先端 (全圧孔) で測定される圧力で，動圧と静圧の合計になっています．

[5]ピトー静圧管の静圧孔で測定される圧力です．実機では機体側面に静圧孔を設けて静圧を測定する場合が一般的ですが，機体の全長に亘って静圧分布は変化しているため，正しい静圧を得るための静圧孔の位置は，風洞実験によって決定します．適当な場所に静圧孔を設けて利用することは，風洞実験をしない限り速度の測定精度が劣化するため，自律飛行時の失速や墜落につながります．絶対にしないでください．ピトー静圧管を使用すれば，機体からある程度離れた場所にブーム等で突き出して設置することにより，精度よく全圧および静圧を測定できます．全圧から静圧を引いた動圧から飛行速度を求めることができます．

2.3　グランドステーションのセットアップ

1. 使用するもの
   (a) ノートパソコン
   (b) 付属 CD-ROM
   (c) USB-RS232-C 変換ケーブル (USB-シリアル変換ケーブル)　1本
   D-Sub9 ピンの RS232-C インターフェースを持つノートパソコンの場合には，RS232-C ストレートケーブルを使用します.
   (d) 無線モデム一対およびその電源
   電源の種類，電圧等は無線モデムの取扱説明書に従ってください.

2. グランドステーション用ソフトウェア (PolarStar) のインストール
   グランドステーション (以下では GS と記します) 用のソフトウェア「Polar Star」は，付属 CD-ROM に収録されています．付属 CD-ROM 内のフォルダ「PolarStar v1.0」内のファイルを，ノートパソコンの適当な場所にフォルダごとコピーしてください.

3. GMS フォルダのインストール
   GMS フォルダは，付属 CD-ROM に収録されています．付属 CD-ROM 内のフォルダ「GMS」を，ノートパソコンの「マイコンピュータ」→「ローカルディスク (C:)」→「ProgramFiles」にフォルダごとコピーしてください.

4. ノートパソコンと GS 無線モデムの接続
   GS 用のノートパソコンと無線モデムを USB-シリアル変換ケーブルで接続します.



図 2.1: ノートパソコンと無線モデムの接続

   USB-シリアル変換ケーブルのドライバのインストールは，ご使用の製品の取扱説明書に従ってください.
   無線モデム側の D-Sub9 ピンコネクタのオス・メスは，無線モデムのメーカにより異なる場合がありますので，合わない場合には，市販のジェンダーチェンジャー (オス・メス変換コネクタ) を利用してください.

5. 無線モデムの通信条件の設定
   以下の通信条件が，GS 側および機上側の無線モデムに設定してあることを確認し

てください.

通信条件

ビット／秒　　：38400
データビット　：8
パリティ　　　：なし
ストップビット：1
フロー制御　　：なし

確認や設定の方法については，お使いの無線モデムの取扱説明書を参照してください.

なお，2 台のパソコン間の無線モデムによる通信テスト (p.69) ができている場合でも，特にボーレート (ビット/秒) などに間違いがないか確認してください.

6. GS 用無線モデムのアンテナの接続
   GS 用無線モデムのアンテナが，無線モデムに正しく接続されていることを確認します.

7. COM 番号の確認
   ノートパソコンの「マイコンピュータ」→「プロパティ」→「ハードウェア」→「デバイスマネージャ」→「ポート (COM と LPT)」で，接続した RS232-C ポートの COM 番号 (COM1 や COM2 など) を確認し，メモしてください.
   COM 番号：

   「デバイスマネージャ」で「ポート (COM と LPT)」が表示されない場合は，USB-シリアル変換ケーブルのドライバが正しくインストールされていない可能性があります．ご使用の製品の取扱説明書に従ってインストールをやり直してください (p.60 参照).

2.4 AP-CUB の機体への搭載とセッティング

1. 使用するもの
   (a) ラジコンで飛行した実績のある機体
   (b) RC プロポおよび受信機　1 セット
   (c) 受信機用バッテリ (Ni-Cd または Ni-MH　4 セルまたは 5 セル)　1 個
   (d) 動作チェック用サーボ (付属品)　1 個
   (e) 分度器
   (f) サーボ駆動用バッテリ (Ni-Cd5 セル)　1 個
   (Ni-Cd や Ni-MH の **4 セルバッテリは使用できません**)
   (g) AP-CUB システム用バッテリ (Ni-Cd5 セルまたは Li-Po2 セル)　1 個
   (h) 機上側無線モデム　1 台と，バッテリ　1 個 (無線モデムの電源電圧に適合するもの)
   (i) シリアル通信ケーブル (付属品)
   (j) AP-CUB 本体
   (k) コネクタケーブル (付属品)
   (l) ピトー管またはピトー静圧管と全圧および静圧用接続チューブ

2. バッテリについて
   手動操縦の場合と異なり，AP-CUB による自律飛行の場合には，常にすべてのサーボを駆動しつづけます.
   このため，全サーボが一斉に動作すると，瞬間的にバッテリの電圧降下が起こり，AP-CUB 内のコンピュータが誤動作する可能性があります.
   このような障害や，ノイズによる誤動作を避けるために，AP-CUB ではサーボ駆動用バッテリと AP-CUB システム用バッテリの 2 種類を使用します．**同一のバッテリから，AP-CUB システム用とサーボ駆動用に分岐して電源を供給することは絶対に行わないで下さい．(図 2.2)**
   AP-CUB システム用には，Ni-Cd5 セル (6V) または Ni-MH5 セル (6V)，または Li-

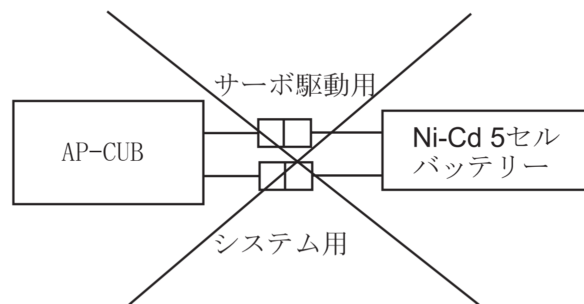


図 2.2: AP-CUB システム用とサーボ駆動用バッテリの共用は厳禁

Po2 セル (7.4V) バッテリを使用してください．
また，サーボ駆動用バッテリには，必ず Ni-Cd5 セル (6V) のバッテリを使用してください．**サーボ駆動用に Ni-Cd または Ni-MH の 4 セル (4.8V) は使用できません．**

最も一般的なバッテリの接続方法を図 2.3 に示します．なお，サーボ駆動用バッテリは，図 2.4 のように分岐して RC 受信機に供給しても構いませんが，**絶対にシステム用バッテリを分岐して RC 受信機に供給しないでください．ノイズによる受信不良，墜落等の原因になります．**

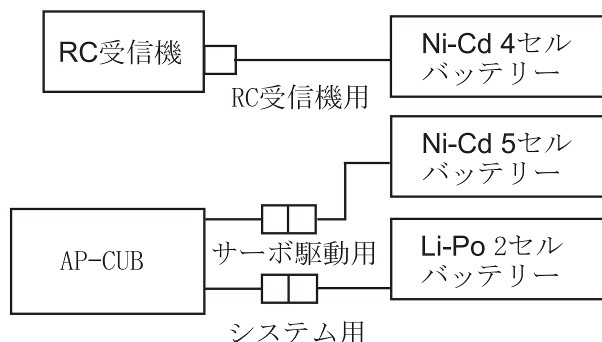


図 2.3: 最も一般的なバッテリ接続方法

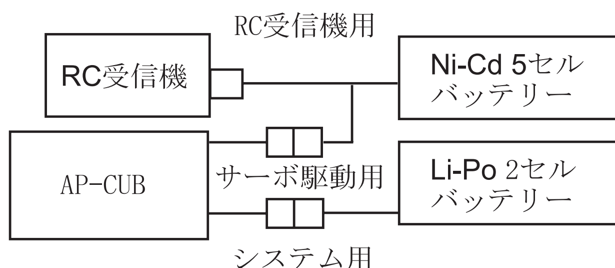


図 2.4: 受信機用とサーボ駆動用のバッテリを共用する接続方法

AP-CUB の消費電流は約 400mA です．飛行時間に合わせて余裕のある容量のバッテリを選択してください．
サーボ駆動用バッテリの必要容量は，機体の大きさや，飛行速度などによるサーボへの負荷と飛行時間によって変わりますので，最初は 10 分〜15 分程度の短い時間で飛行を終了させて，バッテリの充放電量のデータをもとに，適切な容量のバッテリを選択してください．
なお，低温ではバッテリの性能が一般的に低下しますので，低温時に飛行させる場合には，性能低下を考慮してバッテリを選択してください．高度が 1000m 上がるごとに気温は約 6.5 ℃低下しますので，高空を飛行させる場合にはこのことも考慮してください．
AP-CUB は-25 ℃〜80 ℃での動作を保証していますが，AP-CUB 内の温度は機体内の温度よりも高温になります．夏季の直射日光下に置かれた機体内の温度はかなり

の高温になります．特に機体上面に黒色系の塗料またはフィルムを使用している機体は非常に高温になりやすく，AP-CUB の使用温度範囲外となる場合がありますので，機体上面には**白色系**の塗料またはフィルムを使用してください．

なお，AP-CUB では，安全性の向上と飛行時間延長のため，サーボ駆動用バッテリおよび AP-CUB システム用バッテリをそれぞれ 2 セット使用した二重系とすることができます (図 2.5).
二重系にて運用する場合には，必ず同じ電圧および容量のバッテリを使用してください．2 セットのバッテリはほぼ均等に使用されます.

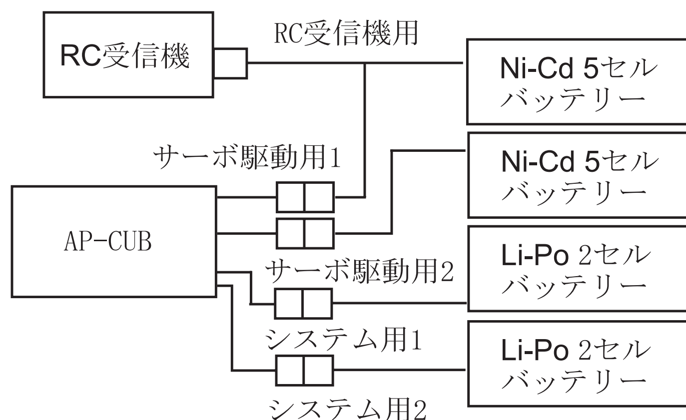


図 2.5: 二重系のバッテリ接続

3. M/A(マニュアルモード / オートモード) 切替スイッチの設定
   AP-CUB では，UAV をパイロットがラジコン操縦するか，コンピュータによって自律制御するか，という観点から「マニュアルモード」と「オートモード」の 2 種類のモード (p.63 参照) を持っています.
   マニュアルモードは，通常のラジコン操縦と全く同じです．オートモードは，プロポから操縦することなく，あらかじめ設定したウェイポイントと設定高度を順にたどって飛行するモードです.
   マニュアルモードのことを，PIC(Pilot In Command) モード，オートモードのことを，CIC(Computer In Command) モード と呼ぶ場合もあります.
   AP-CUB を搭載した UAV は，最初ラジコン操縦 (マニュアルモード) によって離陸させ，その後プロポによって自律飛行 (オートモード) に移行させます.
   着陸させる場合も同様に，オートモードで飛行している UAV を，プロポによってマニュアルモードに移行させ，ラジコン操縦によって着陸させます.
   マニュアルモードとオートモードの切替は，プロポの適当なトグルスイッチなどに割り当てて行います．このトグルスイッチを以下では M/A 切替スイッチ と記します.
   AP-CUB 内部では，RC 受信機の該当チャンネルの信号をもとに M/A 切替を行いますが，確実に切替を行うために，M/A 切替スイッチがマニュアルモードの時のプロポ信号と，オートモードの時のプロポ信号の大きさを，付属品の動作チェック用サー

ボのサーボホーンの位置で確認します.

付属品の動作チェック用サーボは，動作量のチェックのためだけに用いるものであり，実際の飛行には使用しません．

また，付属の動作チェック用サーボで動作量の設定をせずに，直接 AP-CUB で調整しないでください．故障の原因になります．

- まず M/A 切替のチャンネル (以下，M/A 切替チャンネルと記します) を決め，プロポの適当なトグルスイッチ (ランディングギアなど) を M/A 切替スイッチとして割り当ててください.
  つまみやスライダなどではなく，必ずトグルスイッチに割り当てて下さい．
  割り当て方の詳細は，お持ちのプロポの取扱説明書をご覧下さい.
- プロポのスイッチを ON にします.
  プロポで M/A 切替スイッチを割り当てたチャンネルと同一の RC 受信機チャンネルに，動作チェック用サーボを接続し，受信機用バッテリーを接続します.
- プロポ側でニュートラル設定値が調整ができるものは，M/A 切替チャンネルのニュートラル調整量をゼロとしてください.
- M/A 切替スイッチで，マニュアルモードをどちらにするか決めます．一般的にはスイッチを手前側に倒した方が「自分が操縦をとる」というイメージになり，奥に倒した方が「AP-CUB に操縦を渡す」というイメージになって，分かりやすくなります.
- M/A 切替スイッチを**マニュアルモードにして，動作チェック用サーボが反時計方向**に回転することを確認してください.
  同様に，M/A 切替スイッチを**オートモードにして，動作チェック用サーボが時計方向**に回転することを確認してください.
  サーボの回転方向が逆になっている場合には，プロポで M/A 切替チャンネルのノーマル/リバースの設定を変更してください．なお設定の方法は，お使いのプロポの取扱説明書をご覧下さい.
- プロポの M/A 切替チャンネルをマニュアルモードおよびオートモードにしたときのサーボの動作量 (エンドポイントまたはサーボトラベル) の範囲が，**70 °(ニュートラル位置を中心に± 35 °)** となるように，分度器を使って調整します.
  動作チェック用サーボの動きが分かりやすいように，サーボホーンにマジックなどで印をつけるとわかりやすくなります．またこのとき，**マニュアルモード，オートモードともにサーボ動作量を表す数値が同じ**になるようにプロポを設定してください．プロポのメーカにより異なりますが，ほとんどの場合，サーボ動作量は%表示されています.

4. プロポの M/A 切替チャンネルのエンドポイントの数値が，マニュアルモード，オートモードともに同じ数値となっていること，およびマニュアルモードの時のサーボホーン位置とオートモードの時のサーボホーン位置のなす角 (可動範囲) が 70 °になっていることを再度確認します.
   データをセーブする必要があるプロポの場合には，データをセーブしてください.

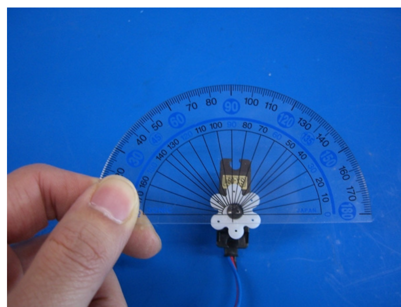


図 2.6: M/A 切替チャンネルのエンドポイント調整

5. 調整が終わったら，RC 受信機から動作チェック用サーボと受信機用バッテリを外し，プロポのスイッチを OFF にします.

6. コネクタケーブルと RC 受信機の接続

    - 付属品のコネクタケーブル (図 1.2) を準備します．まだ AP-CUB 本体には接続しないで下さい.
    - コネクタケーブル端の RC 用**オス**コネクタのうち,「thr」(スロットル) のラベルが貼ってあるコネクタを RC 受信機のスロットルのチャンネルに接続します.
    - 同様に,「ail」(エルロン),「ele」(エレベータ),「rud」(ラダー),「M/A」(M/A 切換) のチャンネルも接続します.
    - 「kil」(キルスイッチ) と「par」(パラシュート) は，ガソリンエンジンを使用する場合のキルスイッチ，およびパラシュート展開用のチャンネルです．プロポ側でそれぞれ操作するチャンネルを決め，対応する RC 受信機のチャンネルに接続してください.
    パラシュートを装備しておくと，RC 電波がノーコンになった場合でも，無線モデムの通信が確保されていれば，PolarStar から「Emergency」ボタンを押すことによりパラシュートを展開することができます．エマージェンシーモード (p.68 参照) では，スロットルを全閉位置にするとともに，キルスイッチによりエンジンを停止させ，その 1 秒後にパラシュートが自動展開します.



図 2.7: コネクタケーブルと RC 受信機との接続

- RC 受信機への電源は，Ni-Cd または Ni-MH の 4 セルまたは 5 セルを使用してください．サーボ駆動用バッテリから分岐しても構いません (p.16 参照)．必要に応じてバッテリと RC 受信機の間にスイッチを入れてください．

7. コネクタケーブルとサーボとの接続

- コネクタケーブル端の **RC 用メスコネクタ**のうち,「thr」(スロットル) のラベルが貼ってあるコネクタを，スロットルサーボと接続します．
- 同様に,「ail」(エルロン),「ele」(エレベータ),「rud」(ラダー) のラベルが貼ってあるコネクタを各サーボに接続します．
  エルロンなどで左右別々のサーボを使用する場合には，市販の Y コネクタなどを使用して分岐してください．また，エルロン信号の分岐では左右のエルロンが同じ方向に動く場合には，片方のサーボの搭載の向きを変えてください．
- ガソリンエンジン用キルスイッチと，パラシュートを装備している場合には，それぞれ「kil」と「par」のラベルに従って各サーボと接続します．
- サーボ線が長く，特にその長さが 1m 程度になっている場合や，アンテナ線とサーボ線が平行になっていると，外来ノイズの影響を受けやすくなり RC 受信機の誤動作の原因となります．
  AP-CUB にはノイズ対策のため，LC フィルタが内蔵されていますが，念のため，トロイダルコアやフェライトコアなども使って十分なノイズ対策を必ず行ってください．(参考 :「ラジコン技術」2006 年 12 月号，p115-p123.)

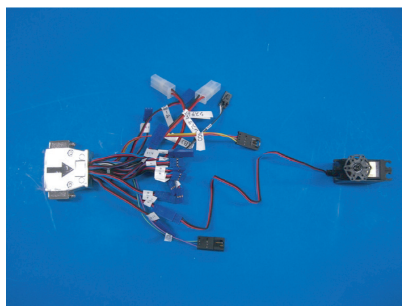


図 2.8: サーボとコネクタケーブルとの接続

8. コネクタケーブルと無線モデムとの接続

- コネクターケーブルの中の「無線モデム」とラベルが貼ってある 4 ピンコネクターと，付属のシリアル通信ケーブル (図 1.3) を接続します．
- シリアル通信ケーブル端の D-Sub9 ピンコネクタを無線モデムに接続します．シリアル通信ケーブルと，無線モデムの D-Sub9 ピンコネクタのオス・メスが異なる場合には，市販のジェンダーチェンジャー (オス・メス変換器) などを利用してください．

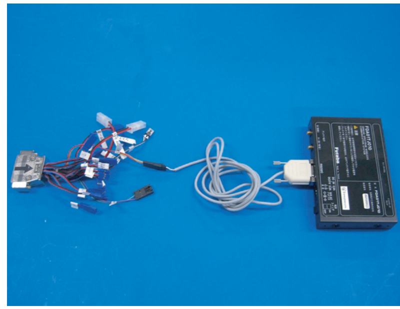


図 2.9: 無線モデムとコネクターケーブルとの接続

- シリアル通信ケーブル端の D-Sub9 ピンコネクタが，エンジン等の振動によって緩まないよう，市販の緩み止め剤 (ロックタイトなど) を利用して無線モデムにネジで固定します.

9. GPS アンテナの設置
    - GPS アンテナ面がほぼ水平になるように，また飛行中に移動することのないように設置します.
    - アンテナコネクタは図 2.10 のように，AP-CUB 本体上面隅の穴の中のコネクタにしっかりと差し込みます.
    - 胴体がバルサやグラスファイバー製の場合には，胴体内の AP-CUB 上面に設置しても構いませんが，アンテナ上面にマジックテープや金属板，カーボンファイバーの板などが覆いかぶさらないように注意してください.
    - カーボンファイバー製の胴体の場合には，胴体外の上面に，飛行中に外れることのないようしっかり設置してください.



図 2.10: GPS アンテナの設置とコネクタの接続

10. コネクタケーブルと AP-CUB との接続
    コネクタケーブル (図 1.2) を AP-CUB 本体に接続し，ネジで固定します.
    エンジン振動等によるネジのゆるみを防止するため，緩み止め剤 (ロックタイトなど) をつけて固定してください.

11. ピトー管の取り付けと接続

- ピトー静圧管またはピトー管を，**プロペラ後流の影響を受けない翼前縁部などに機軸とほぼ平行 (5 °以下) に設置します (図 2.11)．**

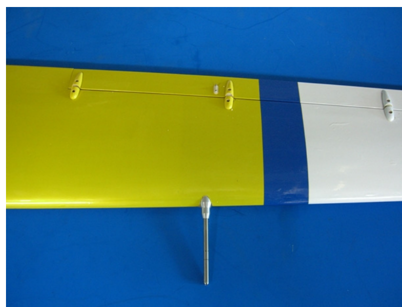


図 2.11: ピトー管の取り付け

主翼前縁からは，ピトー静圧管またはピトー管先端が，翼厚の 4 倍～5 倍程度の長さが突き出るように設置してください．ピトー静圧管の場合には，静圧孔が翼厚の 4 倍～5 倍程度の長さ以上前縁より前に出るようにブームなどを利用して設置してください．この長さが不十分な場合には，対気速度の誤差が大きくなります.

- ピトー管を利用する場合には，ピトー管と AP-CUB の「全圧」ポートを圧力接続チューブ (p.12) で接続します．AP-CUB の「全圧」ポートは，AP-CUB のコネクタ横にあります (図 2.12)．AP-CUB の「静圧」ポートには，圧力接続チューブ長さ 10cm 程度に切断して接続します.
ピトー静圧管の代わりにピトー管を使用する場合には，対気速度の測定精度は落ちますが，胴体内の圧力を静圧の近似値として利用しますので,「静圧」ポートに接続したチューブの端をふさいだり，胴体内に吹き込んだ風がチューブ端に直接当たらないようにしてください．**著しく対気速度の測定精度が悪化し，自律飛行時の失速や墜落事故につながることがありますので，十分ご注意ください．**



図 2.12: 圧力接続チューブの接続

- ピトー静圧管を利用する場合には，ピトー静圧管の全圧ポートと AP-CUB の「全圧」ポートを圧力接続チューブで接続します．またピトー静圧管の静圧ポートと AP-CUB の「静圧」ポートを同様に圧力接続チューブで接続します．
- ピトー管やピトー静圧管と AP-CUB を接続する圧力接続チューブは，可能な限り翼内部を通してください．
  翼の性能を著しく損ねますので，前縁や翼上面に圧力接続チューブを這わせることは絶対に避けてください．
- 翼の構造上，翼内部に圧力接続チューブを通すことが難しい場合には，翼下面に圧力接続チューブを這わせ，飛行中にはずれることがないように，また，大きな抵抗とならないように，ビニールテープや荷造り用透明テープなどでチューブの露出部分の全長にわたってしっかり固定してください．

12. AP-CUB の機体への搭載

- エンジン振動等による破損から AP-CUB を守るため，スポンジやウレタン等の柔らかい防振材で AP-CUB をくるみ，エンジンなどの振動源およびノイズ源から離れた場所に固定します．このとき，GPS アンテナは防振材の外に出してください．
  なお，夏季には防振材によって AP-CUB 内部が高温になる恐れがありますので，放熱できるよう，上面には防振材を取り付けないなどの注意をしてください．
- 図 2.13 のように，AP-CUB のコネクタ上面に矢印がある面が機体上面側になるように，また矢印が機首方向を向くように設置します．**上下や前後を間違えて設置したり，飛行中に AP-CUB が傾いたり移動したりすると，AP-CUB は機体を制御することができず，墜落する可能性があります．十分ご注意ください．**

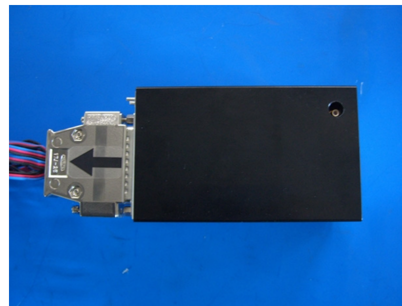


図 2.13: AP-CUB 搭載の向き (矢印面が上，矢印方向が機首)

- 機体の運動によって飛行中に AP-CUB が移動したり，傾いたりしないように，マジックテープなどを用いて固定してください．

13. RC 受信機アンテナの確認
    通常のラジコンによる飛行時と同様に，RC 受信機のアンテナを胴体外に出し，まっすぐ伸ばして垂直尾翼端付近に固定します．

14. 無線モデムのアンテナの固定
    無線モデムのアンテナが飛行中にはずれたりしないよう，適当な場所に固定します．ネジを使用する場合にはロックタイトなどの緩み止め材を使用してください．

15. バッテリの搭載

    - サーボ駆動用バッテリ，AP-CUB システム用バッテリ，無線モデム用バッテリ，(サーボ駆動用バッテリから分岐しない場合には) 受信機バッテリを，スポンジやウレタンなどの防振材でくるみ，適切な場所に固定します．サーボ駆動用バッテリを分岐して受信機に供給している場合には，受信機バッテリは不要です．まだ，この段階ではどの電源も ON にしないで下さい．
      また，必要に応じて，スイッチを中間につけてください．
    - サーボ駆動用バッテリおよび AP-CUB システムバッテリを 2 セット利用する場合も，同様に適切な場所に固定します．

16. 重心位置のチェック
    ラジコン飛行の場合と同じ重心位置になるように，バッテリの位置などを変えて調整します．バッテリ位置の変更で調整できない場合には，バラストなどを利用して調整します．飛行中に機体内でバラストが移動しないようにしっかり固定してください．

2.5 フライト前のセットアップ

フライト前に，サーボやウェイポイントのセットアップを行います．**このセットアップを行わないまま飛行させることは絶対に行わないでください．**

2.5.1 通信確認とサーボ動作範囲の設定

1. 「グランドステーションのセットアップ」(p.13),「AP-CUB の機体への搭載とセッティング」(p.15) を済ませておきます．
   プロポを準備してください．

2. GS 側無線モデムの電源 ON
   GS 側無線モデムの電源を ON にします．無線モデムに，パイロットランプなど電源が ON であることの確認手段がある場合には，それを利用して電源が ON になっていることを確認してください．
   Futaba FDA-01 の例：
   4 つの LED が赤色に点灯していれば，電源が ON になっています．

3. Polar Star の起動
   「グランドステーションのセットアップ」(p.13) でインストールした PolarStar.exe をダブルクリックすると，メインウインドウが表示されます．

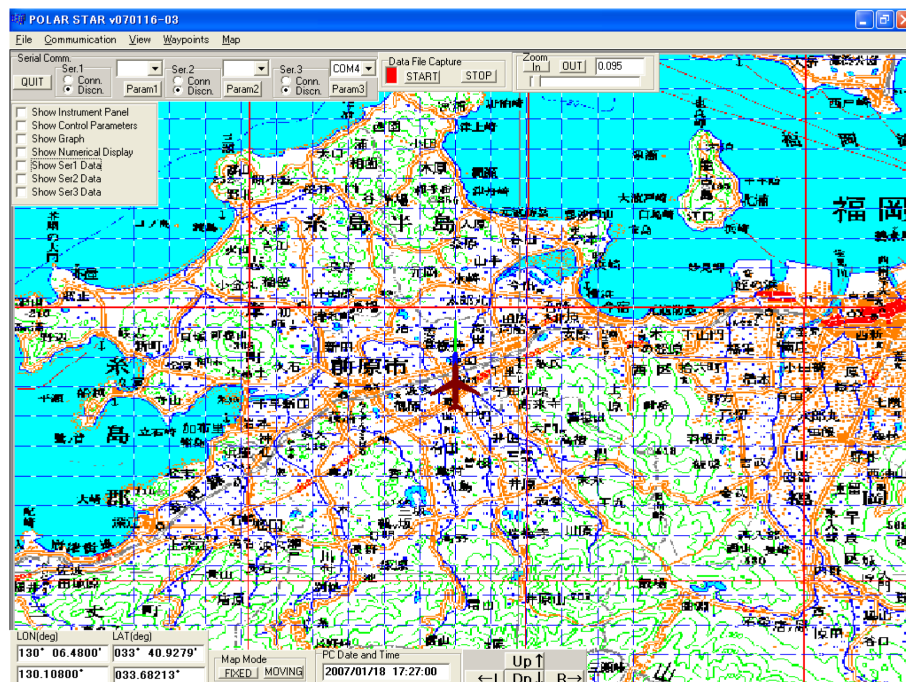


図 2.14: メインウインドウ

4. COM 番号の設定

- 「グランドステーションの準備」の「COM 番号の確認」(p.14) でメモした COM 番号を確認します.
- メインウインドウ左上 (図 2.15 の青い円内) の,「Ser.1」(シリアルポート No.1) の COM 番号に，メモした COM 番号を指定しますが，メモと異なる COM 番号が表示されている場合は，右横の「▼」をクリックすると，現在有効な COM 番号がプルダウンメニューで表示されます．その中から正しい COM 番号を選択してください.
  メモした COM 番号が見つからない場合や，COM 番号が表示されておらず空白になっている場合には，USB-シリアル変換ケーブルが正しく接続されているか確認してください (p.60 参照)．あるいは，USB-シリアルケーブルのドライバが正しくインストールされていない可能性があります．USB-シリアル変換ケーブルの取扱説明書にしたがって，ドライバのインストールをやり直してください.

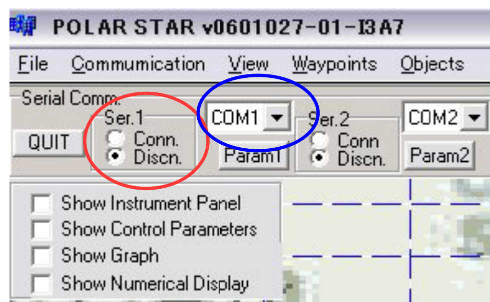


図 2.15: COM 番号の設定

5. GS 無線モデムとの通信条件の設定
   メインウインドウ左上 (図 2.15 の青い円の**下**) の「Param1」(通信パラメータ) をクリックします.
   図 2.16 のように，以下の通信条件になっていることを確認してください.

   ビット／秒　　：38400
   データビット　：8
   パリティ　　　：なし
   ストップビット：1
   フロー制御　　：なし

6. AP-CUB の起動
   - プロポの M/A 切替スイッチがマニュアルモードになっていることを確認します.
   - プロポのスイッチを ON にします.
   - AP-CUB システムバッテリ，サーボ駆動用バッテリ，機上の無線モデムバッテリを接続します．RC 受信機バッテリをサーボ駆動用バッテリとは独立して供



図 2.16: 通信条件の設定

給している場合には，RC 受信機用バッテリも接続します．それぞれ，中間スイッチを設けている場合には，スイッチを ON にします．

- 図 2.17 に示すように，穴の中のスイッチ (システムスイッチ) を，先端が丸い細い棒を使って軽く押します (軽いクリック感があります)．つまようじの手元側 (先が尖っていない方) などを使うと良いでしょう．
  先端の鋭い棒でスイッチを押したり，強く押しすぎるとスイッチを破損しますので，注意してください．また，先端が丸い細い棒は，まっすぐに穴の中に差し込んでください．

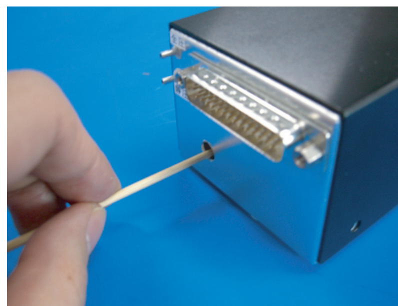


図 2.17: システムスイッチの押し方

7. 無線モデムに，無線区間の通信が確立したかどうかの表示機能がある場合には，無線区間の通信が確立していることを確認します．
   Futaba FDA01 の例：
   4 つの LED のうち,「CO」の LED が GS 側，機上側ともに緑に点灯していれば，無線区間の通信が確立しています．
   また，機上側の「TD」の LED と，GS 側の「RD」の LED が緑と赤で交互に点滅していれば，データの通信が行われていることを示します．データの通信が行われていることが確認できない場合には，AP-CUB のシステムスイッチを再び押してください．

8. ダウンリンクデータの確認

- 図 2.15 の赤い円内にある「Ser.1」の「Conn.」(コネクト) のラジオボタンをクリックし，シリアルポート No.1 の通信を接続します[6].
- Ser1 ウインドウ (図 2.18) がメインウインドウ上に現れ，AP-CUB からのダウンリンクデータがテキスト表示されていることを確認します.
  もし，Ser1 ウインドウにダウンリンクデータが表示されない場合には，一旦，図 2.15 の赤い円内にある「Ser.1」の「Disc.」(ディスコネクト) のラジオボタンをクリックした後，システムスイッチを再度押して,「Ser.1」の「Conn.」(コネクト) のラジオボタンをクリックしてください.

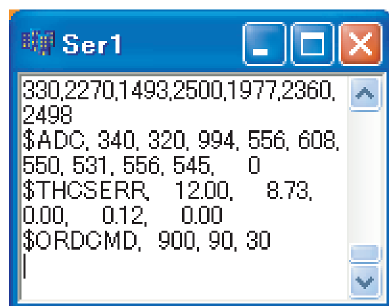


図 2.18: ダウンリンクデータの確認

Futaba FDA01 をご使用の場合で，GS 側の「RD」の LED が緑と赤で交互に点滅しているが，Polar Star でダウンリンクデータの確認が出来ない場合には，まず通信条件が正しいか (p.26)，USB-シリアルケーブルが正しく接続されているか確認してください．それらに問題がない場合には，一旦 Polar Star を終了させた後 (p.38)，システムスイッチを押し，再度 Polar Star を起動して「Ser.1」の「Conn」(コネクト) を行ってください (p.59 参照)

9. マニュアルモードでのサーボ動作確認

- 現在はマニュアルモードですので，プロポのスティックにしたがってサーボが動く状態になっています.
  すべての舵面 (スロットル，エレベータ，エルロン，ラダー) が正しく動くか確認してください．キルスイッチとパラシュートを装備している場合には，それらの操作用サーボの動作も確認してください.
- 全サーボの動作方向，ニュートラル位置やエンドポイント (サーボトラベル) が正しいか確認してください．修正の必要がある場合には，プロポの設定やリンケージを調整して修正してください.

[6]無線モデム間のデータ通信が確立したあとに Polar Star と無線モデムの通信を接続してください．逆の順番ではエラーが表示され，Polar Star が終了します (p.60).

- サーボが動作しない，あるいは正しくない場合には，RC 受信機に電源が供給されているか，サーボ駆動用バッテリが接続されているか (スイッチを設けていれば ON になっているか)，RC 受信機と AP-CUB の接続 (p.19)，AP-CUB とサーボの接続 (p.20)，M/A 切替スイッチの動作量の設定および M/A 切替チャンネルのプロポ設定 (p.17) が正しく行われているか，再度確認してください (p.57 参照).
- 各舵のサーボの動作が確認できたら，p.11 で記録しておいた，ラジコン飛行でトリムがとれた状態のスロットル位置，エレベータ，エルロン，ラダーの舵面の位置を再現してください.

10. オートモードでのサーボの動作範囲の設定

- Polar Star のメニューバーの「View」→「Show Cntrl Panel」をクリックします. コントロールパネルウインドウ[7](図 2.19) が表示されます.
- 赤い円で示した「Servo Settings」のタブをクリックします.
- 図 2.19 のようなボタン表示にかわりますので，青い円で示した「Mode Select」ボタンをクリックします.
- 「Mode Select」ボタンの下から現れた「To Test Mode [8]」ボタンをクリックしてサーボセッティングモードにします .
- プロポの M/A 切替スイッチをオートモードにします.
- スロットル，エルロン，エレベータ，ラダー，(使用していれば) キルスイッチおよびパラシュートの各サーボの動作限界値 (例えばエレベータのフルアップおよびフルダウン) と**トリム値**[9]を，各チャンネルのスライドバーを使ってマニュアルモードの場合と完全に一致するように設定します.
  グローエンジンの場合には，エンジンを停止できるスロットル位置が"throttle close"です. ガソリンエンジンの場合には，キルスイッチを使用するので"throttle idle"と同じ位置で構いません.
- プロポの M/A 切替スイッチを何度か切り替えて，オートモードでもマニュアルモードの時の各サーボの動作限界値，およびトリム値が完全に一致するよう，スライドバーを使って設定してください.
  各サーボの動作限界値およびトリム値の設定は，自律飛行をさせる上で非常に重要なパラメータの一つです．入念に調整を行ってください．

[7]コントロールパネルウインドウの見方については，p.76 を参照してください.

[8]AP-CUB では，UAV をマニュアル操縦するか，自律飛行させるかという観点から,「マニュアルモード」と「オートモード」の 2 つのモード (p.63) を持っています. 一方,「オートモード」の下位のサブモードとして，通常の自律飛行制御を行う「ノーマルモード」(p.64,p.63)，サーボの設定を行うための「サーボセッティングモード」(p.29,p.63)，サーボの動作チェックを行うための「サーボテストモード」(p.40,p.63)，緊急時の「エマージェンシーモード」(p.68,p.63) の 4 つのモードを持っています.

[9]エルロン，エレベータ，ラダーの場合には，スティックをニュートラルにして，トリムレバーでトリムをとった状態での舵面の位置のことを指します. スロットルの場合には，トリムが取れたときの，スロットル位置のことを指しています. **スロットルのトリムレバーの位置ではありませんのでご注意ください．**

- オプションのグランドステーションボックス (p.8) をご利用の場合には，マニュアルモードでトリムをとった後，オートモードに切り替えた時点で自動的にトリム値が設定されますので，ここでのトリム位置の設定はおおまかな値で構いませんが，**動作限界値は正しく設定してください**.

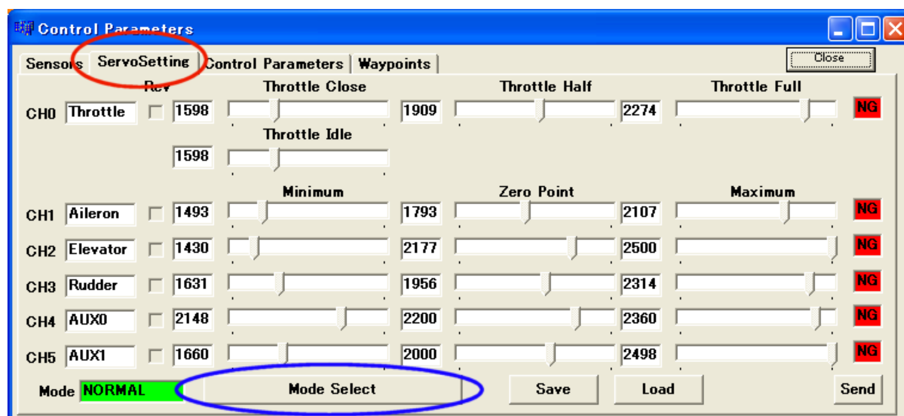


図 2.19: コントロールパネルウインドウ (サーボセッティング)

11. 設定データの保存
「Save」ボタンをクリックし，設定を保存します．ファイル名は自動的に「ServoLimit.svl」となります.

12. GS ノートパソコンを除くすべての電源を OFF にして終了します.

2.5.2 デジタルマップの設定

PolarStar では，画像の四隅の緯度，経度が分かっている bmp(ビットマップ) ファイル形式のデジタルマップを指定することで，デジタルマップ上にウェイポイントや UAV の飛行軌跡を表示することができます．
デジタルマップは，国土地理院発行の数値地図をお近くの書店等で入手することができますが，弊社でもオプションとしてご提供できます．(p.8)

1. PolarStar のメニューバーの「Map」→「Map Setting」を選択します．

2. 図 2.20 のマップセッティングウインドウ が現れますので，bmp(ビットマップ) ファイル形式のデジタルマップのファイル名，地図の北端の緯度，南端の緯度，東端の経度，西端の経度を °単位で入力し，適当な ID 番号[10](0〜50) を入力してください．
なお，地図の測位系が WGS84 であることを確認してください．古い地図 (測位系：

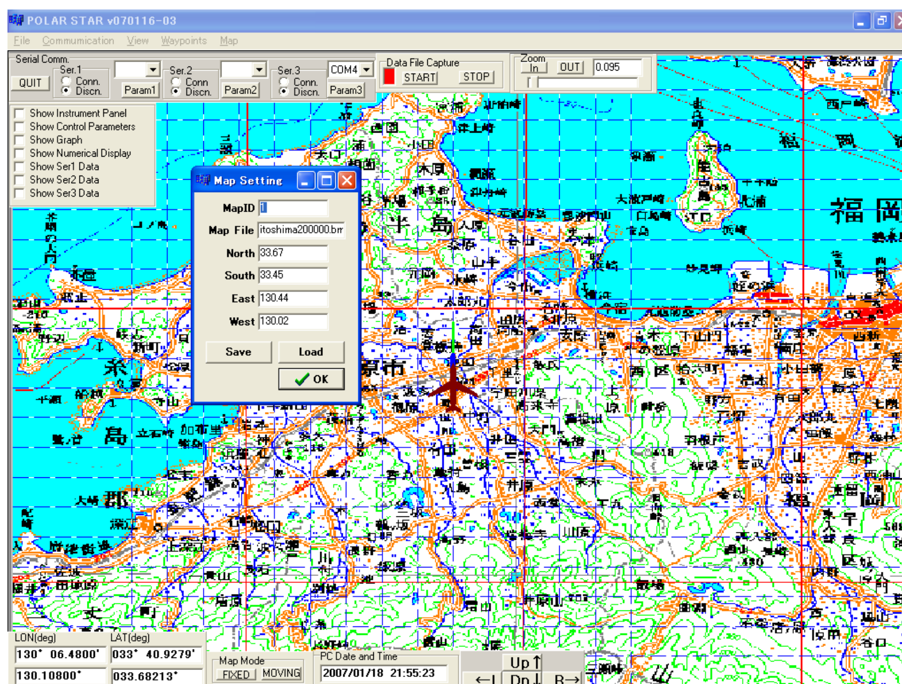


図 2.20: マップセッティングウインドウ

Tokyo Datum) では GPS で測定した位置と南北，東西に 500m 程度位置がずれますので，必ず WGS-84 の測位系であることを確認して使用してください．

3. 「Save」ボタンを押して，適当なファイル名 (拡張子は不要です．) をつけて保存します．

4. よく使うマップのデータを，「Save」した後に「MapInfo.map」としてコピーし，"PolarStar.exe"と同じディレクトリに置いておくと便利です．Polar Star が起動後，自動的

[10]地図を識別するための番号です．0〜50 の番号であれば任意ですが，異なるマップファイルに同じ ID 番号をつけないよう，ご注意ください．

に「MapInfo.map」に指定されたマップを表示します．また，メニューバーの「Map」→「Default Map」をクリックすると,「MapInfo.map」に指定されたマップを表示することができます.

5. 「MapInfo.map」に指定されたマップ以外のマップを表示するためには，マップウインドウの「Load」ボタンをクリックすることによって行います.
6. 終わったら，マップウインドウの「OK」ボタンを押して終了です.

2.5.3 ウェイポイントの設定

飛行当日までに，ウェイポイントを設定して，ファイルとして保存しておくと便利です．複数のウェイポイントファイルを準備しておけば，飛行中でも UAV の飛行パターンを変える事ができます (p.54 参照).

マウスによるウェイポイントの設定

1. Polar Star のメニューバーの「Waypoints」から「Set WPs by Mouse」を選択します．
2. 地図上をクリックし，図 2.21 のようにウェイポイントを設定します．**設定できる最大ウェイポイント数は 100 個です**.

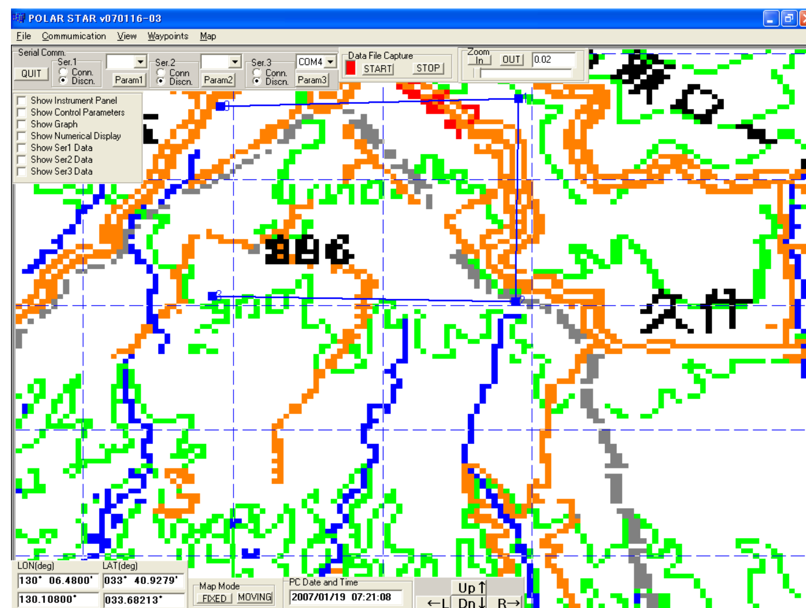


図 2.21: マウスによるウェイポイント設定

なお，地図の左右 1/5 程度の領域では，クリックしても設定できませんので，メインウインドウ中央下右の「UP ↑」「DN ↓」「R →」「← L」のボタンを押して表示位置を中央付近に移動させてクリックしてください．

また，画面を拡大，縮小したい場合には，メインウインドウ上右の　Zoom「In」または「Out」ボタンをクリックするか，その下のスライドバーをドラッグして適当な縮尺にしてください．

画面上，青の点線は 1km 単位のメッシュですので，ウェイポイント設定の際の参考にしてください．

なお AP-CUB は，最後のウェイポイントに達した後，最初のウェイポイントから再び飛行を継続します[11].

[11]図 2.21 では，4 点を周回するパターンを設定しようとしていますが，WP0〜WP3 の 4 点を指定すればよいことになります．最初のウェイポイント WP0 と最後のウェイポイント WP4 は，この後の操作で自動的に接続されます

3. ウェイポイントを全て決定したら,「Enter」キーを押すか，メニューバー「Waypoints」から「Finish Setting Waypoints by Mouse」を選択して設定を終了します．図 2.22 のように，最初のウェイポイントと最後のウェイポイントが接続され，ウェイポイントリストが表示されます.

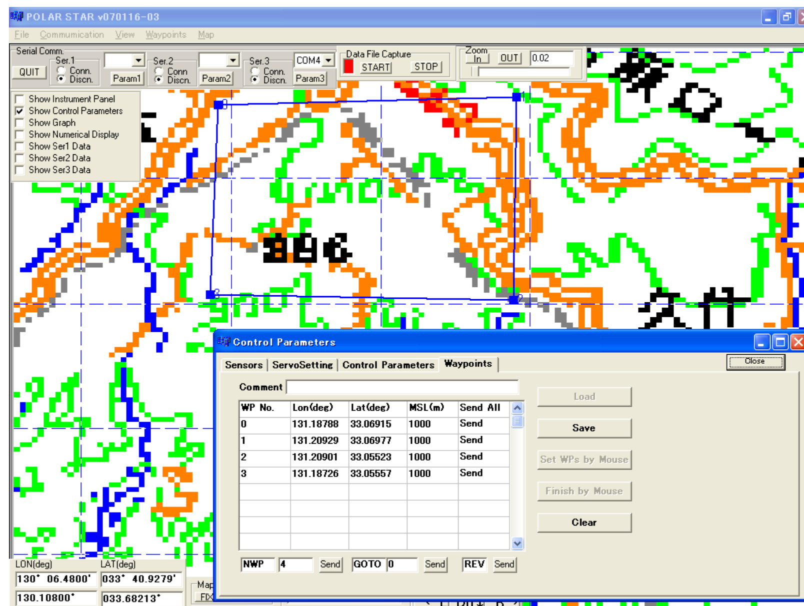


図 2.22: Finish by Mouse

図 2.22 のウェイポイントリストを拡大したものを図 2.23 に示します．この中で，表中左から 4 列目の「MSL(m)」の欄は，各ウェイポイントの設定気圧高度で，デフォルト値として 200m が入力されています.

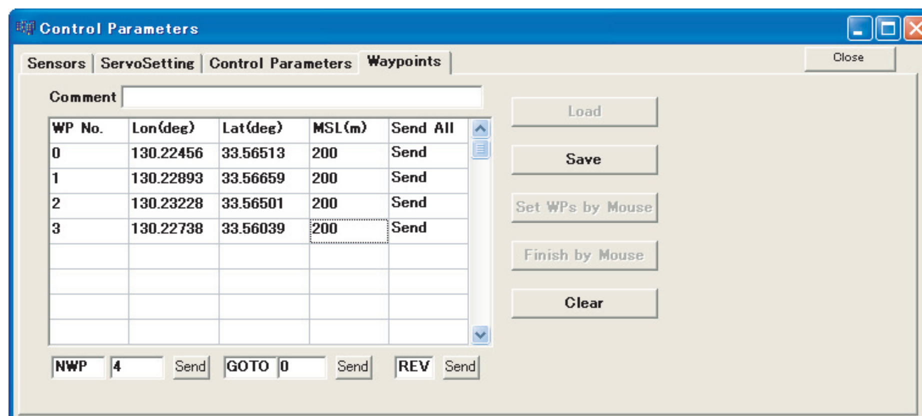


図 2.23: ウェイポイント情報格納後

設定気圧高度を変更するには，変更したい WP のセルをクリックし，キーボードから設定気圧高度を入力したあと，**必ず Enter を押してください．**
ウェイポイントリストで，ウェイポイントの緯度，経度を直接キーボードから入力

することもできます．緯度，経度の単位は**小数点 5 桁までの「度」(35.89301 など) です．「度」，「分」，「秒」ではありませんのでご注意ください．**

なお，メニューバーの「View」→「Show Numerical Display」をクリックすると，数値ディスプレイの「DTG DST(km)」の欄に現在のウェイポイント設定での予定総飛行距離が表示されます．

ウェイポイントの変更，削除，やり直し

設定が終了したウェイポイントの位置を変更したい場合，マウスでの変更が可能です．

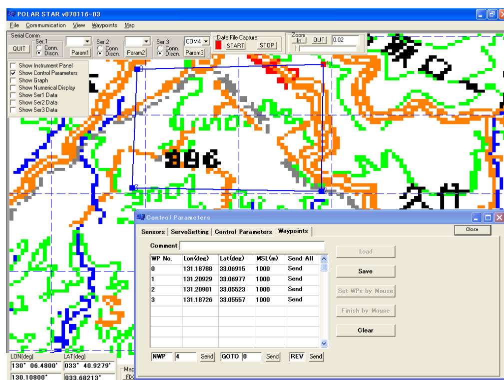


図 2.24: 変更したいウェイポイントの選択

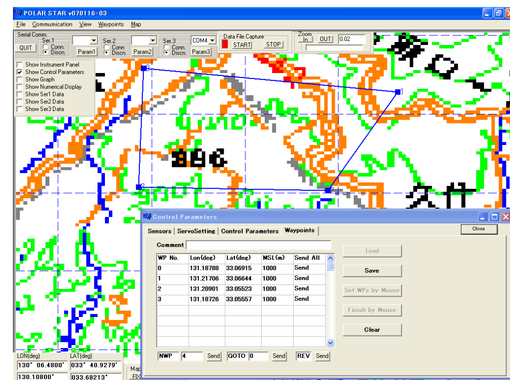


図 2.25: 新しい位置でマウスをクリックするとウェイポイント位置が変更される

変更したいウェイポイントをクリックすると図 2.24 のようにウェイポイントの色が**赤**に変わります．そのまま移動させたい場所にマウスカーソルを移動し，もう一度クリックすると図 2.25 のようにウェイポイントを移動させることが出来ます．
地図の縮尺をある程度小さくした方が，変更したいウェイポイントを選択しやくなります．

ウェイポイントの緯度経度情報の直接入力による変更

緯度，経度，高度などを直接指定したい時は，ウェイポイントリストで，変更したいセル (緯度，経度，高度など) を選択し，キーボードから直接入力してください．**入力後，必ず Enter キーを押してください．**ウェイポイントリストを表示するには，メニューバーの「View」→「Show Ctrl Panel」を選択し,「Waypoints」タブを選択します．

ウェイポイントの削除

ウェイポイントの数を変更したい場合，もしくは最初から設定をやり直したい場合には，一度設定したウェイポイントをすべて削除してから行ってください．ウェイポイントの削除は，メニューバー「Waypoints」→「Clear Waypoints」を選択するか，ウェイポイントリストで Clear ボタンを選択するか,Delete キーを押してください．

※メニューバー「Waypoints」→「Set Waypoints by Mouse」を選択し，ウェイポイントを設定している途中で，初めから設定をやり直したい場合は，一度メニューバー「Waypoints」→「Finish by Mouse」を選択したあと，メニュバーの「Waypoints」→「Clear Waypoints」を選択して削除してください．

ウェイポイントデータのセーブ

ウェイポイント設定が終了すると図 2.23 のようにウェイポイントがセルに格納されています．続いてこの設定したウェイポイント情報を保存します．
メニューバー (図 2.14) の「Waypoints」より「Save Waypoints」を選択します．図 2.26 のような画面が現れるので，英数字を使ったファイル名 (拡張子は必要ありません．自動的に".wpt"となります) で保存してください．

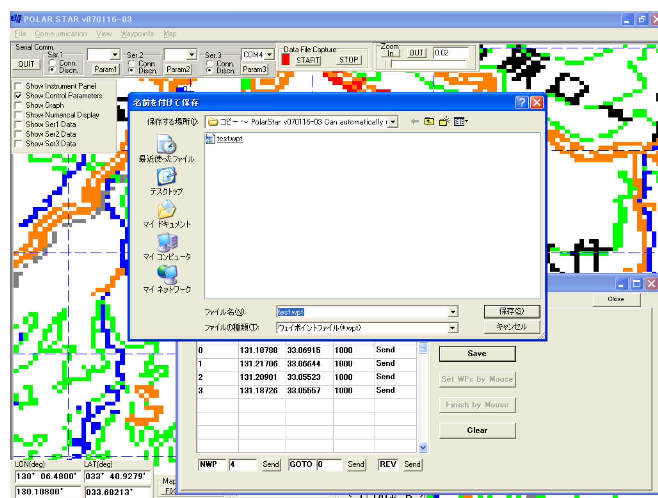


図 2.26: ウェイポイント情報のセーブ

保存するフォルダはどこでも構いません．ウェイポイントデータのセーブは，図 2.23 の Save ボタンでも実行できます．

ウェイポイントデータのロード

PolarStar を立ち上げた後，ウェイポイントの設定またはロードを既に実行している場合には，まずメニューバー (図 2.14) から「Waypoints」→「Clear Waypoints」で，設定したウェイポイントをクリアします．この操作は，図 2.23 の「Clear」ボタンでも実行できます．
その後，メニューバーから「Waypoints」→「Load Waypoints」を選択します．図 2.26 のようなダイアログボックスから，必要なウェイポイントファイルを選択して,「OK」を押します．この操作は，図 2.23 の「Load」ボタンでも実行できます．

2.5.4　PolarStar を閉じる



図 2.27: PolarStar を閉じる (その 1)

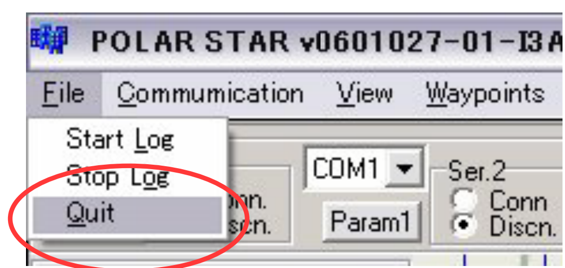


図 2.28: PolarStar を閉じる (その 2)

メインウインドウにある Quit ボタン (図 2.27) を押すか，メニューバーから「File」→「Quit」(図 2.27) を選択して PolarStar を終了します．

2.6　プリフライトチェック

実際に飛行させる前に，システムの動作確認と，エンジン等の振動の影響がないか，RC 電波の到達距離が十分かどうか確認します．**飛行前に，必ず以下のチェックを行ってください．**

2.6.1　屋内でのチェック

以下のチェックをまず屋内で行ってください．

1. 「グランドステーションのセットアップ」(p.13),「AP-CUB の機体への搭載とセッティング」(p.15),「フライト前のセットアップ」(p.25) を済ませておきます．また，プロポを準備してください．

2. GS 用無線モデムの電源を ON にします．

3. GS 用ノートパソコンで,「PolarStar」を立ち上げます．

4. PolarStar で「Ser.1」(シリアルチャンネル 1) の正しい COM 番号を選択します．(p.25 参照)

5. プロポの M/A 切替スイッチをマニュアルモードにします．

6. プロポのスイッチを ON にします．

7. AP-CUB システムバッテリ，サーボ駆動用バッテリ，機上の無線モデムバッテリを接続します．RC 受信機バッテリをサーボ駆動用バッテリとは独立して供給している場合には，RC 受信機用バッテリも接続します．それぞれ，中間スイッチを設けている場合には，スイッチを ON にします．

8. AP-CUB のシステムスイッチ (図 2.17) を，先端が丸い細い棒を使って軽く押します (軽いクリック感があります)．

9. 無線モデムに，無線区間の通信が確立したかどうかの表示機能がある場合には，無線区間の通信が確立していることを確認します．

10. 「Ser.1」の「Conn」(コネクト) のラジオボタンをクリックし，シリアルポート No.1 の通信を接続[12]します．
    Ser1 ウインドウ (図 2.18) がメインウインドウ上に現れ，AP-CUB からのダウンリンクデータがテキスト表示されていることを確認します．
    もし，Ser1 ウインドウにダウンリンクデータが表示されない場合には，一旦，図 2.15 の赤い円内にある「Ser.1」の「Disc.」(ディスコネクト) のラジオボタンをクリックした後，システムスイッチを再度押して,「Ser.1」の「Conn.」(コネクト) のラジオボタンをクリックしてください．

[12]無線モデム間のデータ通信が確立したあとに Polar Star と無線モデムの通信を接続してください．逆の順番ではエラーが表示され，Polar Star が終了します (p.60)．

11. マニュアルモードで，すべてのサーボが正常に動作することを確認します．
全サーボの動作方向，ニュートラル位置やエンドポイント (サーボトラベル) が正しいか確認してください．

12. プロポの M/A 切替スイッチをオートモードに切り替えます．このとき，RC 受信機がノイズを受けたときのようにサーボが振動する場合がありますが，故障ではありません．

13. Polar Star のメニューバーで「View」→「Show Ctrl Panel」を選択します．

14. コントロールパネルウインドウ の「Control Parameters」タブをクリックします (図 2.29).

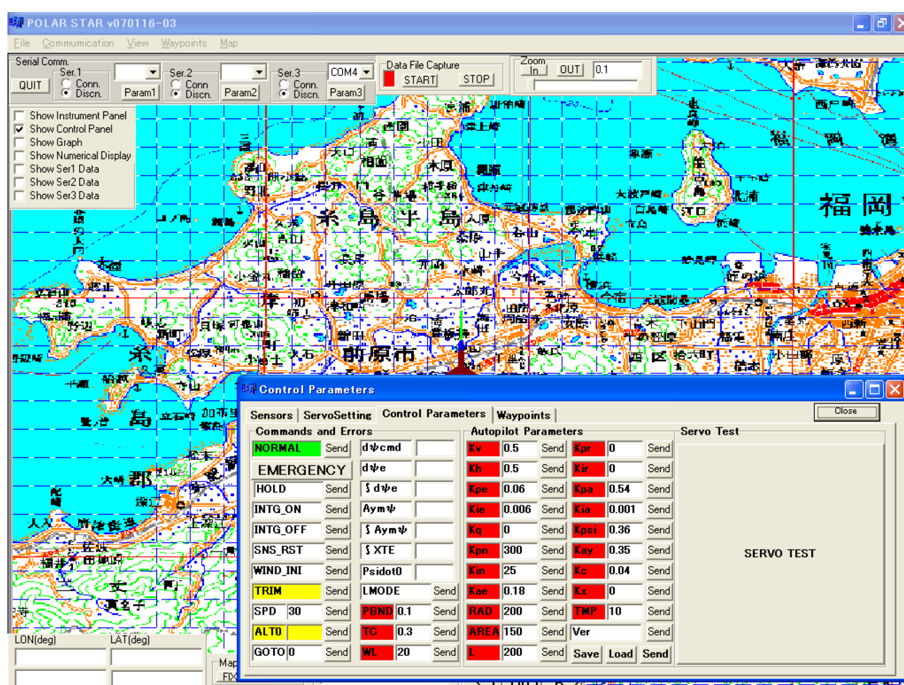


図 2.29: コントロールパネルウインドウ

15. ウインドウ右側にある，大きな「Servo Test」ボタンを押し，サーボテストモードにします (図 2.30).「THRO_FULL」(フルスロットル) 右横の「Send」ボタン,「THRO_IDLE」(スロットルアイドル) の右横の「Send」ボタンの順にすべて押し，オートモードで全舵面が正しく動作するか確認します．問題がある場合には，オートモードでのサーボの動作範囲の設定 (p.29) を再度行ってください．

16. オートモードでのサーボの動作チェックが終わったら，コントロールパネルウインドウ右下の「To Normal Mode」ボタンを押してノーマルモードにモードを変更します.「To Normal Mode」ボタンを押した直後に，コントロールパネルウィンドウの左上にある「Normal Mode」の欄が一旦赤く表示された後，AP-CUB からの確認信号によって黄緑に変わります．色の変化を確認できるよう,「Normal Mode」の欄に注目しながら「To Normal Mode」ボタンを押してノーマルモードにしてください．

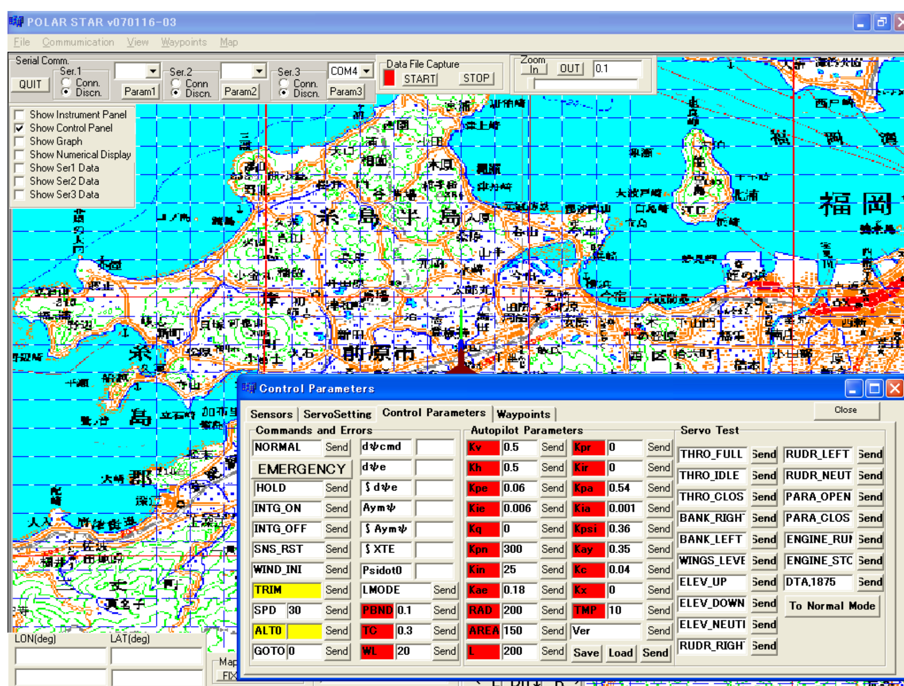


図 2.30: サーボテストモード

17. PolarStar のメニューバーで「View」→「Show Inst Panel」を選択し，インスツルメントパネルウインドウ[13]を表示させます (図 2.31).

18. 現在地の標高が既知であり，気圧高度 (PALT) として表示されている数値と異なる場合には，高度オフセット として,「ALT0」の右横の空欄に,

    標高 − 表示されている気圧高度

    に相当する数値 (m) を入力し，さらに右横の「Send」ボタンを押してください[14]. 気圧高度 (PALT) として表示されている数値が既知の値とほぼ同じになります．GPS 高度 (GALT) を現在地の標高として使用しても構いませんが，真の値とは通常 10〜15m の誤差があります.

19. センサの動作チェック

    以下の順に，センサの動作チェックを行ってください.

    (a) ピトー管先端 (全圧孔) を正面から軽く吹いて，対気速度が上がることを確認します．指で全圧孔をふさぎ，指を押し付けることでも同様のチェックができます．正しく動作しない場合には，トラブルシューティング (p.58) を参照してください.

    強く吹きすぎるとセンサを破損しますので，軽く吹いてください.

[13] インスツルメントパネルウインドウの見方については，p.71 を参照してください.

[14] 高度制御には圧力高度を使用しています．しかし日によって同位置でも気圧が変化し, 高度オフセットがずれてしまうため飛行前に実際の標高と圧力高度を等しくする必要があります．この操作によって高度オフセットを変更することが出来ます.
「ALT0」右横の数値を「50」として「Send」ボタンを押して送信すると，インスツルメントパネルウインドウの PALT の値が +50 されます.

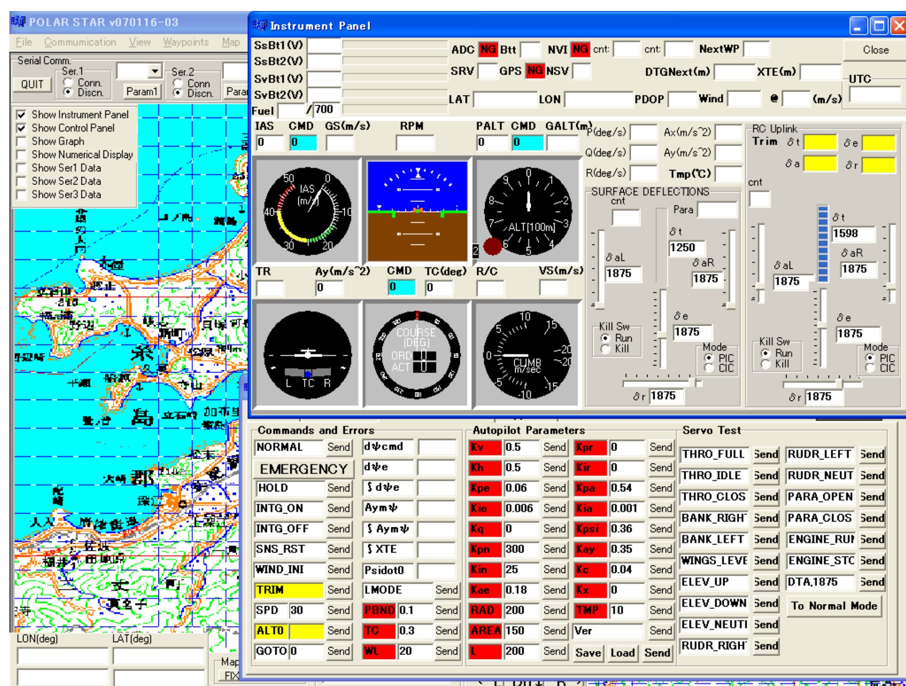


図 2.31: インスツルメントパネルウインドウ

(b) ピトー静圧管を使用している場合には静圧孔を吸って，気圧高度が上がることを確認します．
ピトー静圧管を使用していない場合には，AP-CUB の静圧孔に接続したチューブ端を吸って，気圧高度が上がることを確認します．このとき，対気速度計の指示も変化しますが，故障ではありません．
正しく動作しない場合には，トラブルシューティング(p.58)を参照してください．
強く吸いすぎるとセンサを破損しますので，軽く吸ってください．

(c) PolarStar のインスツルメントパネルの「R」欄の数字が，機体が静止しているときに，ほぼゼロであることを確認します．もし，機体を静止させていても，「2.0」以上の数値が継続的に表示されている場合にはカスタマーサポート(p.61)にご連絡ください．

(d) 「R」欄の数字を見ながら，機首をゆっくりと左右に少し振ります．機首を右に振ったときに「R」欄の数字が正となり，機首を左に振ったときに「R」欄の数字が負となることを確認します．

(e) PolarStar のインスツルメントパネルの「Ay」欄の数字を見ながら，機体をゆっくりと左右にバンクさせます．右翼が下がったときに「Ay」欄の数字が負となり，左翼が下がったときに「Ay」欄の数字が正となることを確認します．また，翼を水平にしたときに,「Ay」欄の数字がほぼゼロとなることを確認します．もし，翼が水平であるにもかかわらず,「Ay」欄の数字がほぼゼロとなっていない場合には，AP-CUB が機体内で左右に傾いて設置されていますので，正しく設置しなおしてください．また，飛行中に AP-CUB が動くことがないように正し

く設置してください.

(f) PolarStar のインスツルメントパネルの「Tmp(℃)」欄の数字をチェックします. これは AP-CUB 内の温度であり，外気温度ではありません．AP-CUB 内の電子部品等の発熱により，通常は気温+10 ℃〜+20 ℃程度になります．この温度が異常に高くないか，あるいは低くないかを確認してください．もし，異常があると思われる場合には，カスタマーサポート (p.61) にご連絡ください.

20. 制御則 (縦) の動作チェック

(a) PolarStar から「Waypoints」→「Load Waypoints」を選択し，適当なウェイポイントファイルをロードします.

(b) コントロールパネルウインドウの「Waypoints」タブをクリックし,「Send All」のセルをクリックしてウェイポイントデータを AP-CUB に送信します．すべてのウェイポイントの右横の「Send」のセルが赤くなった後，白に戻ったことを確認します.

(c) インスツルメントパネルの気圧高度計上に表示される高度コマンド (「CMD」欄) が，現在高度 (同「IAS」欄) よりも高いことを確認します.
もし現在高度よりも高度コマンドが低い場合には，p.34 の方法によって高度を設定しなおし，再度ウェイポイントデータを送信してください.

(d) 同様に，インスツルメントパネルの対気速度指示器上に表示される速度コマンドが，現在の対気速度よりも大きいことを確認します.
もし速度コマンドが現在の対気速度よりも小さい場合には，コントロールパネルの「Control Parameters」タブをクリックして「SPD」欄右横に速度コマンド (m/s) を入力し，右横の「Send」ボタンを押してください[15].

(e) インスツルメントパネルウインドウの舵面位置インディケータで，ほぼフルスロットル，エレベータダウンになっていることを確認します.

(f) プロポの M/A 切替スイッチを一旦マニュアルモードにして，すぐにオートモードに戻します．その直後にピトー静圧管の静圧孔を軽く吸いながら，ピトー管 (全圧) チューブの途中を押しつぶして，対気速度を速度コマンドに近づけてください．スロットルが少し下がることを確認します.
静圧孔を強く吸いすぎると，センサを破損しますので，気圧高度をモニタしながら注意して行ってください．
ピトー静圧管には複数の静圧孔がありますので，どれか一つ残してセロテープなどでふさいでチェックするとやりやすくなります．**チェック終了後にセロテープを外すことを忘れないで下さい．**
静圧を胴体内圧力で代用している場合には，AP-CUB の静圧ポートに取り付けてあるチューブ端を吸ってください．チェック終了後は，**静圧ポートに接続し**

[15] AP-CUB では，ウェイポイントの位置と高度はウェイポイントデータとして設定しますが，設定飛行速度はコントロールパネルウインドウから任意に設定できます．**失速速度以下に速度設定をしないよう，ご注意ください．一度ラジコン飛行によって失速テストを行い，失速速度を把握しておくことを強くお勧めします．**

たチューブの先端がふさがれたり，風に直接当たる部分に設置されることが無いように十分注意して設置してください．

(g) 全圧孔から息を吹く，あるいは指で孔をふさいで押すと，エレベータダウンからアップ側にわずかに変化することを確認します．
全圧孔を強く吹きすぎると，センサを破損しますので，対気速度をモニタしながら注意して行ってください．

21. エマージェンシーモードの動作チェック
コントロールパネルウインドウの左上部分にある「Emergency」ボタンをクリックし，さらにその下から現れた「Emergency」の右横の「Send」ボタンをクリックしてエマージェンシーモードに入れます[16]．スロットルがクローズ位置となること，キルスイッチ用サーボがあれば，キルスイッチ用サーボがエンジンストップ状態になること，また，パラシュートを搭載していれば，パラシュートサーボが開傘状態になることを確認します．
エマージェンシーモードの動作チェックを行った後は，PolarStar を一旦終了させた後，AP-CUB のシステムスイッチを押してノーマルモードに戻し，再度 PolarStar を起動し，「Ser.1」の「Conn」(コネクト) のラジオボタンをクリックして，シリアルポート No.1 の通信を接続してください．[17]．

22. フェールセーフ設定の確認
M/A 切替スイッチをマニュアルモードにしてから，すべての舵をきり，スロットルをアイドル以外の適当な位置にし，プロポのスイッチを OFF にして，フェールセーフ設定を確認します．
オートモードの制御パラメータのチューニングが終了するまでは，M/A 切替スイッチのフェールセーフ設定はマニュアルモードにしてください．通常の RC 飛行時と同様に，スロットルアイドル，舵面はニュートラル付近にするか，エルロンまたはラダーのいずれかを，わずかに右または左にきるような設定にします．パラシュートの使用はケースバイケースで判断してください．
オートモードの制御パラメータのチューニングが終了し，問題なく自律飛行ができるようになったら，フェールセーフの設定はオートモードになるようにしてください．

[16] 一見面倒に見えますが，間違えて「Emergency」ボタンを押してしまった場合のための措置です．間違えて「Emergency」ボタンを押しても，その下の「Send」ボタンを押さなければエマージェンシーモードには入りません．

[17] エマージェンシーモードに入った後，自然とノーマルモードに戻すことは一般にあり得ませんので，エマージェンシーモードに入れた後,「Normal」欄の「Send」ボタンを押してノーマルモードに戻ったように見えても正しく戻っている保証はありません．

2.6.2 屋外 (飛行場) でのチェック

1. まず，屋内でのチェック (p.39) の項目を，**エマージェンシーモードのチェックおよびフェールセーフ設定の確認を除いて**すべて実施します．

2. 制御則のチェック (横)

   (a) PolarStar で GPS データが表示・更新されていることを確認します．出荷後，最初に GPS データが取得できるまで，15 分程度かかる場合がありますが，更新されない場合には，p.58 を参照してトラブルシューティングを行ってください．**GPS データが表示・更新されない場合には，絶対に UAV を飛行させないで下さい**．

   (b) PolarStar から「Waypoints」→「Load Waypoints」を選択し，**現在位置周辺のウェイポイントを含む**適当なウェイポイントファイルをロードします．
   作成済みのウェイポイントデータが現在位置周辺のウェイポイント含まない場合には，新たに作成してください．

   (c) コントロールパネルウインドウの「Waypoints」タブをクリックし,「Send All」のセルをクリックしてウェイポイントデータを AP-CUB に送信します．すべてのウェイポイントの右横の「Send」のセルが赤くなった後，白に戻ったことを確認します．

   (d) プロポの M/A 切替スイッチをオートモードに切替えます．

   (e) インスツルメントパネルウインドウ右上の「NextWP」欄に表示される次のウェイポイント番号の方向に機体を向け，GPS アンテナを覆ってしまわないように気をつけて，2m 程度機体を前進させます．
   メニューバーから「View」→「Show Numerical Display」をクリックし，数値ディスプレイ を表示させると，数値ディスプレイの中央付近の「Next WP #」欄でも次のウェイポイント番号を確認できます．

   (f) このとき，エルロンはほとんどニュートラル付近になっていることを確認します．

   (g) 機体を次のウェイポイントの方向に対して右にそれるように前進させて，エルロンがわずかに左にきれることを確認します．同様に，今度は次のウェイポイントの方向に対して左にそれるように前進させて，エルロンがわずかに右にきれることを確認します．このとき，GPS アンテナの上におおいかぶさらないよう注意してください．

3. 電波到達距離の確認
   マニュアルモードにして，RC 飛行の時に実施しているのと同様に，RC 電波の到達距離のチェックをします．
   まずエンジンを掛けない状態で行い，問題がなければ，エンジンを掛けて，各舵の動きにおかしな挙動がないか，M/A 切替に問題がないか確認します．
   AP-CUB を搭載することにより，RC 受信機のみの場合と比較して，電波到達距離

が若干減少しますが，大幅に電波到達距離が減少している場合には，エンジンノイズの対策が十分でなかったり，振動の影響，無線モデムの影響などが考えられます．**問題がある場合には，p.60 を参考にして対策を行い，十分な確認ができるまでは，絶対に飛行させないで下さい．**

4. フェールセーフ設定とエマージェンシーモードの確認
   エンジンを掛けた状態でも，RC 電波の到達距離に問題がなければ，エマージェンシーモードのチェックとフェールセーフ設定の確認を p.44〜の手順にしたがって行ってください．
   エマージェンシーモードの動作チェックを行った後は，必ず p.44 の手順にしたがって AP-CUB のリセットと PolarStar との通信の再接続を行ってください．

第3章　フライトテストによるパラメータのチューニング

3.1　フライトの準備

1. 最初のフライトは，無風に近い，ごく風の弱い日を選んで実施してください．ある程度チューニングができた場合でも，風速が異なると新たにチューニングが必要となる場合があります．飛行実績がある風速と異なる風速の日に飛行させる場合には，チューニングの再調整の必要がないか，様子を見ながら実施してください．

2. パラメータのチューニングはパイロット一人で行うことはできません．Polar Star のモニタやパラメータのチューニングを行う人が必要です (以下では GS オペレータと呼びます).

3.2　制御パラメータのチューニング

3.2.1　縦の制御パラメータのチューニング

1. 縦のパラメータのチューニングを行う際には，エルロンおよびラダーサーボは，直接 RC 受信機に接続しておきます．したがって，**エルロンおよびラダーは自動飛行モードであっても手動操縦となりますので，注意してください．**

2. 機上のサーボバッテリ，システムバッテリ，無線モデムバッテリ，およびプロポなど，すべてのバッテリの残量が十分であることを確認します．ガソリンエンジンを使用している場合には，イグニッション用バッテリもチェックします．

3. 屋内でのチェック (p.39) および屋外でのプリフライトチェック (p.45) を**フライト直前に毎回漏れのないように必ず実施してください**.

   エマージェンシーモードのチェックを実施した後は，必ず p.44 の手順にしたがって，AP-CUB のリセットと PolarStar との通信の再接続を行ってください．

4. ウェイポイントデータを再度 AP-CUB に送信します．(p.45「制御則チェック (横)」参照．) このとき，安全のため，設定飛行高度は地上から 100〜150m 程度に設定します．**GPS で飛行場の海抜高度を確認し，設定高度は飛行場の海抜高度+100〜150(m) とします．飛行場が海抜ゼロメートル付近にない場合には，ご注意ください．**
   また，ウェイポイントは，滑走路上空で風上側に飛行するようなトラフィックパター

ン[1]の隅の4点(図3.1)に設定しておきます．ファイナルレグ〜アップウインドレグおよびダウンウインドレグ の長さは300m程度，クロスウインドレグ およびベースレグ の長さは200m程度に設定しますが，飛行速度の大きな機体では旋回半径が大きくなるため，トラフィックパターンも大きくする必要があります.

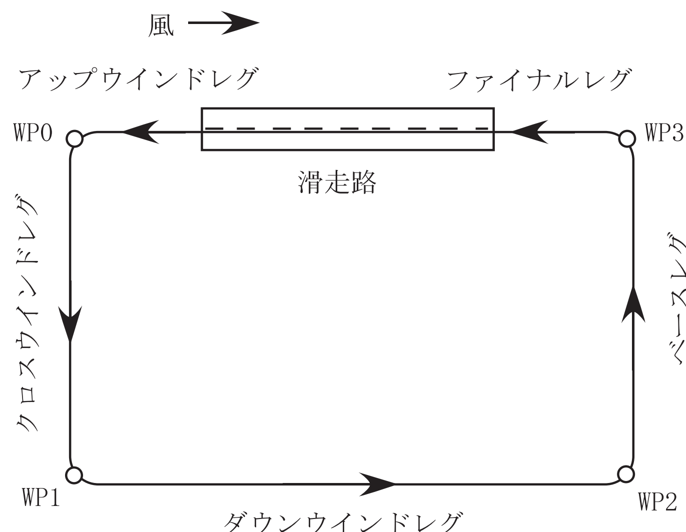


図3.1: チューニング用ウェイポイントの設定例

5. 離陸前に，機体を風上に向け，UAVの翼がほぼ水平になるように固定します.
   また，ピトー管またはピトー静圧管の全圧孔に風が当たらないよう，ビニール袋や先端をふさいだチューブなどをかけます．このとき，ピトー管やピトー静圧管の径ぎりぎりの袋やチューブは使用せず，余裕のあるものを使用してください.

6. 気圧高度(PALT)の数値とGPS高度(GALT)が異なっている場合には，p.41の手順にしたがって「ALT0」の設定をしてください.

7. Polar Starのコントロールパネルウインドウの「Control Parameters」タブをクリックし,「SNS_RST」横の「Send」ボタンを押します.

8. インスツルメントパネルで,「Ay」,「R」,「IAS」がほぼゼロ付近になっていることを確認して，ピトー管またはピトー静圧管にかぶせたビニール袋またはチューブをはずしてください.
   ビニール袋またはチューブを外した後は，風があれば「IAS」の値は若干増えます.

9. センサチェックやサーボ動作チェックで異常がある場合や，GPSデータの受信が出来ていない場合，対気速度のオフセットが大きい場合には**絶対にオートモードで飛行させないで下さい．**

[1]滑走路上空の直線経路を一辺として周回する長方形の飛行経路をトラフィックパターンと呼びます．実機の一般的なトラフィックパターンは反時計回りです．滑走路上から風上へ向かう部分(レグ)をアップウインドレグ，左旋回の後の長方形の短辺をクロスウインドレグ，さらに左旋回後の滑走路に平行な長辺をダウンウインドレグ，さらに左旋回後のクロスウインドレグに平行な短辺をベースレグ，ベースレグから滑走路のタッチダウンポイントまでをファイナルレグと呼びます.「レグ」は省略して呼ぶこともあります.

10. 問題がなければ，マニュアルモードで離陸させます.
 離陸後，設定飛行高度に近い高度になるよう，また，設定対気飛行速度に近い飛行速度となるように，GS オペレータに飛行高度および対気飛行速度を読み上げてもらいながらトラフィックパターンを飛行させ，トリムを取ります.
 直線飛行時に，設定高度± 30m 程度，設定対気速度± 5/ms 程度でトリム飛行するように調整します.

11. サーボの設定 (p.29) で設定したトリム位置と現在のトリム位置が異なる場合には，一旦着陸させてオートモードのトリム値の設定をやり直してください．スロットルについては**トリムレバーの位置**ではなく，**トリム飛行時のスロットル位置**ですので，間違えないように注意してください.
 なお，オプションのグランドステーションボックスを利用すると，飛行中のトリム位置を自動的に記録，AP-CUB に送信できますので，一旦着陸させてオートモードのトリム値の設定をやり直す必要はありません.

12. オートモードのトリム値の再設定を行い，現在のトリム値とほとんど変わらないことが確認できたら (オプションのグランドステーションを利用する場合には必要ありません)，UAV が滑走路上空を直線飛行している状態で，プロポの M/A 切替スイッチを使って，マニュアルモードからオートモードに切り替えます.
 トリム位置の設定が正しくない場合，切り替えた直後に機体が大きく運動する可能性がありますので，いつでも「手動」に切り替えられるよう準備して切替を行ってください.
 機体が大きく運動した場合には，ただちにマニュアルモードに戻し，手動操縦を行って着陸させてください.

13. コントロールパネルウインドウの「ControlParameters」タブをクリックし，対気速度（SPD）を設定して「Send」を押してください.

14. マニュアルモードからオートモードに切り替えても大きく状態が変化することがなければ，エルロンとラダーの操縦はパイロットが行い，トラフィックパターンをひきつづき飛行させてください.
 ただし，**旋回時のバンク角は 30 度以内となるよう，浅い旋回を行ってください.**

15. これで，縦についてはオートパイロットで飛行している状態になりましたが，一見問題ないように見えても，旋回時に高度が落ちるなど，デフォルトの制御パラメータでは不十分な場合があります．このときも，パイロットは機体の様子を注意深く観察し，早めにマニュアルモードに切り替えて操縦を行ってください.

16. オートモードに入れた状態で，GS モニタは飛行データを観察します.
 PolarStar のメニューバーから「View」→「Show Inst Panel」をクリックし，気圧高度，対気速度の変化を観察します．あるいは,「View」→「Show Graph」をクリックし，グラフウインドウ を利用することもできます．なお，グラフウインドウは,「Ser.1」の接続直後に画面表示をさせておく必要があります．グラフウインドウの詳細については p.86 を参照してください.

17. AP-CUB では，高度と速度の制御に，スロットルとエレベータの両方を使用した PI(比例，積分) 制御系を用いています．制御方法の詳細については，p.64 に説明しています．
    エレベータの動きが大きすぎると思われる (頻繁に上下動を繰り返し，速度と高度の変動が大きい) 場合には，コントロールパネルウインドウで「Kpe」(比例ゲイン) の数値を少しずつ減らしてください．**数値を変更したら，右横の「Send」ボタンを必ず押してください．**
    逆に小さすぎると思われる場合には，数値を少しずつ増やしてください．増やす場合には，現在値の 2 割程度ずつ慎重に変更してください．増やしすぎると速度や高度が振動を始めますので，振動しないようになるまで減らしてください．機体が危険な状態に陥りそうな場合には，マニュアルモードに切り替えて RC 操縦をしてください．

18. **ゲインの変更を行う場合には，パイロットと GS オペレータの連携を取りながら実施してください．**ゲインの変更をどのようにするつもりか，どのような動きが予想されるかなどを，GS オペレータがパイロットに伝達しながらチューニングを行うと，パイロットは事前に心構えができるためスムーズに行きます．

19. 次に，スロットルの動きが大きすぎて高度の変化が大きいと思われる場合には，コントロールパネルウインドウの「Kpn」(比例ゲイン) の数値を少しずつ減らしてください．逆に小さすぎると思われる場合には，大きくします．
    数値を変更したら，右横の「Send」ボタンを必ず押してください．

20. 速度および高度がほぼ一定の値に落ち着いてはいるが，定常的に設定値との差がある場合には,「Kie」と「Kin」の値 (積分ゲイン) を調整します．
    ただし，積分ゲインの調整を行う前には，**必ず一旦マニュアルモードに戻してからオートモードに切り替えてから行ってください**.
    オートモードからマニュアルモードに戻すと，積分値が一旦リセットされますが,オートモードのままでは積分値がどんどん増大していきますので，小さなゲインであってもゲイン変更をした途端に非常に大きく舵が動くことになります．このことを理解し，積分ゲインの調整前には，**かならず一旦マニュアルモードにしてからオートモードに入れるようにしてください．**
    積分ゲインがどの程度必要かは，機体によります．
    最初はほぼゼロからはじめてゲインを増やしていきますが，速度や高度の変化がゆっくりと振動的になってきた場合にはゲインが過大ですので，振動しなくなるまで減らし，**数値を変更したら，右横の「Send」ボタンを必ず押してください．**

21. 以上の調整ができたら，速度および高度のコマンドを変更し，速度と高度の変化を観察して同じ要領でゲインの調整を引き続き行います．速度のコマンドを変更するためには，コントロールパネルウインドウの「Control Parameters」タブを選択し,「SPD」欄右側の数値を変更して，send ボタンを押します．一旦数値の背景が赤く表示された後，白になれば AP-CUB で認識されたことを示しています．
    高度のコマンドを変更するためには，コントロールパネルウインドウの「Waypoints」

タブを選択し，高度設定値を変更した後,「Send」セルをクリックします．一旦「Send」の背景が赤く表示された後，白になればAP-CUBで認識されたことを示しています．

22. ゲインの調整が終わったら，コントロールパネルウインドウの「Save」ボタンを押してゲインをセーブします．
ファイル名は自動的に"ControlGains.gan"となり，PolarStar.exeと同じフォルダにセーブされます．

23. これでエルロンとラダーを操舵するだけで，トラフィックパターンを自動的に飛行します．

3.2.2 横の制御パラメータのチューニング

1. 縦のパラメータチューニングでは，直接RC受信機に接続していたエルロンとラダーサーボをAP-CUBに接続します．

2. AP-CUBのエルロンとラダーのコネクタをRC受信機のエルロンとラダーのチャンネルに接続します．またエルロンサーボとラダーサーボをAP-CUBに接続します．

3. 機上のサーボバッテリ，システムバッテリ，無線モデムバッテリ，およびプロポなど，すべてのバッテリの残量が十分であることを確認します．ガソリンエンジンを使用している場合には，イグニッション用バッテリもチェックします．

4. 屋内でのチェック(p.39)および屋外でのプリフライトチェック(p.45)を**フライト直前に毎回漏れのないように必ず実施してください**．

   エマージェンシーモードのチェックを実施した後は，必ずp.44の手順にしたがって，AP-CUBのリセットとPolarStarとの通信の再接続を行ってください．

5. ウェイポイントデータを再度AP-CUBに送信します．(p.45「制御則チェック(横)」参照．) このときのウェイポイントも，縦のチューニングの時と同じトラフィックパターンを使用します．ただし，風の方向が変わった場合には，必ず滑走路上で風上に飛行する向きにトラフィックパターンを変えてください．

6. 離陸前に，UAVの翼がほぼ水平になるように固定します．
また，ピトー管またはピトー静圧管の全圧孔に風が当たらないよう，ビニール袋や先端をふさいだチューブなどをかけます．

7. 気圧高度(PALT)の数値とGPS高度(GALT)が異なっている場合には，p.41の手順にしたがって「ALT0」の設定をしてください．

8. Polar Starのコントロールパネルウインドウの「Control Parameters」タブをクリックし,「SNS_RST」横の「Send」ボタンを押します．

9. インスツルメントパネルで,「Ay」,「R」,「IAS」がほぼゼロ付近になっていることを確認して，ピトー管またはピトー静圧管にかぶせたビニール袋またはチューブをはずしてください.
   ビニール袋またはチューブを外した後は，風があれば「IAS」の値は若干増えます.

10. センサチェックやサーボ動作チェックで異常がある場合や，GPS データの受信が出来ていない場合，対気速度のオフセットが大きい場合には**絶対にオートモードで飛行させないで下さい.**

11. 問題が無ければ，マニュアルモードで離陸させます.
    離陸後，縦のパラメータチューニングの場合と同様に，GS モニタに読み上げてもらいながら設定飛行高度および設定飛行対気速度に近い高度および対気速度でトラフィックパターンを飛行させます.
    今回は特にエルロンとラダーのトリムに注意を払い，もしサーボの設定 (p.29) で設定したトリム位置と現在のトリム位置が異なる場合には，一旦着陸させてトリム位置の設定をやり直してください.
    なお，オプションのグランドステーションボックスを利用すると，飛行中のトリム位置を自動的に記録，AP-CUB に送信できますので，一旦着陸させてオートモードのトリム値の設定をやり直す必要はありません.

12. オートモードのトリム値の再設定を行い，現在のトリム値とほとんど変わらないことが確認できたら，(オプションのグランドステーションを利用する場合には必要ありません)，UAV がファイナルレグとアップウインドレグの中間 (滑走路中間点) 付近を直線飛行している時に，プロポの M/A 切替スイッチを使って，マニュアルモードからオートモードに切り替えます.
    トリム位置の設定が正しくない場合，切り替えた直後に機体が大きく運動する可能性がありますので，いつでもマニュアルモードに切り替えられるよう準備して切替を行ってください.
    機体が大きく運動した場合には，ただちにマニュアルモードに戻し，手動操縦を行って着陸させてください.

13. コントロールパネルウインドウの「ControlParameters」タブをクリックし，対気速度（SPD）を設定して「Send」を押してください.

14. マニュアルモードからオートモードに切り替えても大きく状態が変化することがなければ，WP0(アップウインドレグ〜クロスウインドレグの旋回点) でクロスウインドレグに旋回するかどうか，注意深く観察します.
    もし，WP0 を過ぎても旋回を開始しないようであれば，ただちにマニュアルモードに切り替えて操縦してください.

15. 飛行の様子を PolarStar でモニタしながら観察します．パイロットは，機体の様子に注意して，挙動が不審であればいつでも手動飛行に切替て操縦できるようにしておきます.

16. ウェイポイント通過後のバンク角が深くなりすぎないよう (30 度程度)，エルロンの比例ゲイン「Kpa」を調整します．バンクが深すぎる場合には小さく，浅すぎる場合には大きくしてください．
数値を変更したら，右横の「Send」ボタンを必ず押してください．

17. PolarStar の「SideSlip」の様子を観察しながら，ラダーの比例ゲイン「Kpr」を調整します．一般的にはラダーのゲインもごく小さい値で十分で，ゼロでもかまいません．
数値を変更したら，右横の「Send」ボタンを必ず押してください．

18. 一旦マニュアルモードにもどしてからオートモードに入れ，エルロンおよびラダーの積分ゲイン「Kia」および「Kir」をわずかに増加させて様子を見ます．
数値を変更したら，右横の「Send」ボタンを必ず押してください．
エルロンおよびラダーの過大な積分ゲインは，危険な状態になる場合がありますので，いつでも手動飛行に切り替えられるようパイロットと連携をとりながら実施してください．
オートモードからマニュアルモードに戻すと，積分値が一旦リセットされますが，オートモードのままでは積分値がどんどん増大していきますので，小さなゲインであってもゲイン変更をした途端に非常に大きく舵が動くことになります．積分ゲインの調整前には，**かならず一旦マニュアルモードにしてからオートモードに入れるようにしてください．**
積分ゲインがどの程度必要かは，機体によります．ほとんど積分ゲインを必要とせず，ゼロのままでも十分な場合も多いので，様子を見ながら必要に応じて調整してください．

19. ゲインのセーブとロード
ゲインの調整が終わったら，コントロールパネルウインドウの「Save」ボタンを押してゲインをセーブします．ファイル名は自動的に"ControlGains.gan"となり，PolarStar.exe と同じフォルダにセーブされます．
PolarStar は，AP-CUB との通信接続時に"ControlGains.gan"の内容を AP-CUB に送信します．複数の機体を使用する場合には，チューニングが終わった段階で,「ControlGains.gan」をコピーして，機種がわかるように別の名前をつけて保存しておき，使用する際に"ControlGains.gan"にコピーして使うと良いでしょう．

20. 自律飛行させるための基本的なパラメータのチューニングは以上で終了です．きめ細かなチューニングを行うには，Appendix(p.82) を参照してください．

3.3　自律飛行のための各種ヒント

3.3.1　飛行中にウェイポイント位置を変更する

飛行中にウェイポイント位置を変更するためには，p.35 の「ウェイポイントの変更」と同じ操作を飛行中に行います．

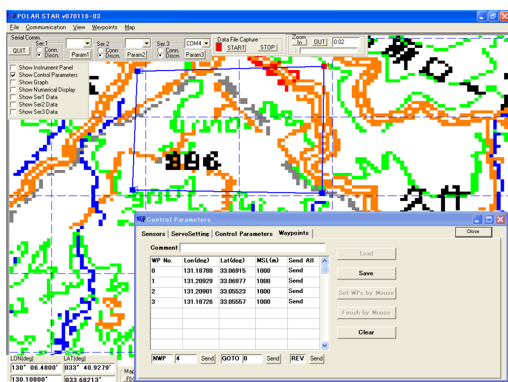


図 3.2: 変更したいウェイポイントの選択

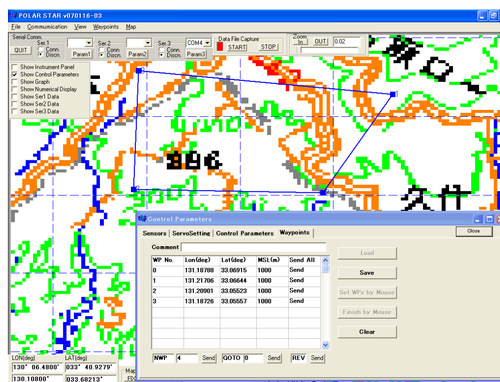


図 3.3: 新しい位置でマウスをクリックするとウェイポイント位置が変更される

Polar Star のメインウインドウの地図上で，変更したいウェイポイントをクリックすると図 3.2 のようにウェイポイントの色が赤に変わります．そのまま移動させたい場所にマウスカーソルを移動し，もう一度クリックすると図 3.3 のようにウェイポイントを移動させることが出来ます．
地図をズームアウトした方が，変更したいウェイポイントを選択しやくなります．
また，地図の左右 1/5 程度の領域では，クリックしても設定できませんので，メインウインドウ中央下右の「UP ↑」「DN ↓」「R →」「← L」のボタンを押して表示位置を中央付近に移動させてクリックしてください．
画面を拡大，縮小したい場合には，メインウインドウ上右の　Zoom「In」または「Out」ボタンをクリックするか，その下のスライドバーをドラッグして適当な縮尺にしてください．

なお，設定気圧高度については，図 3.4 のウェイポイントリスト を表示させ，変更したいウェイポイントの設定気圧高度をキーボードで変更します．
キーボードで変更した後は，必ず Enter を押してください．
ウェイポイントリストを表示するには，メニューバーの「View」→「Show Ctrl Panel」を選択し,「Waypoints」タブを選択します．

この後，変更したウェイポイント情報を AP-CUB に送信する必要があります．
ウェイポイントリストに表示されている，位置や高度を変更したウェイポイント番号の行の右端にある,「Send」と書いてあるセルをクリックして，変更したデータを AP-CUB に送信します．セルが赤くなった後，白に戻れば AP-CUB に認識されたことが確認できます．
複数のウェイポイントの位置や高度を変更したい場合には，該当する複数ののセルの

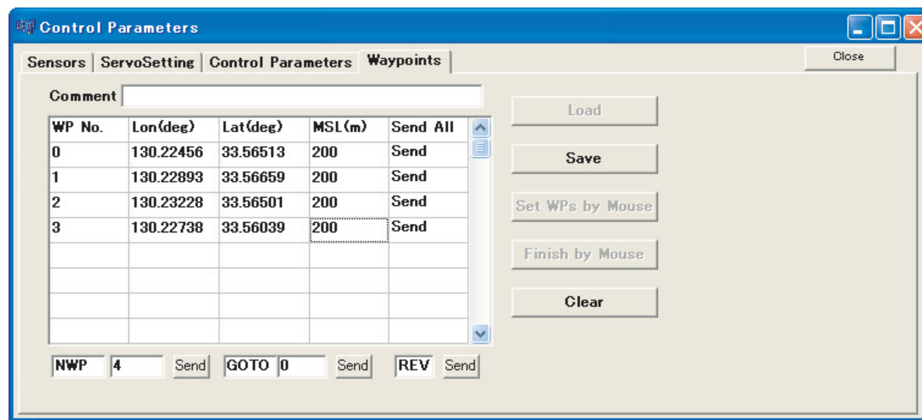


図 3.4: ウェイポイント情報格納後

「Send」セルを順にクリックして変更データを送信，確認してください.
ウェイポイント変更後，該当ウェイポイントの「Send」のセルをクリックして送信しなければ，ウェイポイントの変更は行われませんのでご注意ください.
複数の WP のデータを送信するとき，ある WP のデータを送信したあと，セルの色が赤から白に戻ったことを確認してから次の WP のデータを送信してください.

3.3.2 飛行中に UAV の飛行パターンを変更する

いくつかのウェイポイント位置や高度を変更するためには前項の方法で十分ですが，変更したいウェイポイントの数が多くなってくると，作業が大変になります.
このような場合には，あらかじめ異なるパターンのウェイポイントデータファイルをいくつか作成しておき，そのうちのひとつのファイルを，p.45 の方法で AP-CUB に送信して飛行を開始します.
飛行を開始後，現在のウェイポイントをクリアして別のウェイポイントファイルをロードし，同様に p.45 の方法で「Send All」をクリックして AP-CUB に新しいウェイポイントデータを送信すれば，UAV は新しいウェイポイントリストにしたがって飛行を継続します．このとき，新しいウェイポイントデータの WP0 に向かいますので，送信のタイミングに注意してください.
また，UAV の飛行中に Polar Star 上でウェイポイントをクリアしても，AP-CUB 側ではウェイポイントデータを保持していますので，問題はありません.

3.3.3 効率的に飛行状態をモニタする

制御パラメータのチューニングの初期には，インスツルメントパネルウインドを使う方が有効ですが，制御パラメータのチューニングが落ち着いてくると，モニタが必要な数値は，高度，速度，コースなど限られたデータだけで十分になってきます.
また，次のウェイポイント番号や，到着予定時刻などが知りたくなります．このような必要最低限のデータとナビゲーションに関するデータを，数値ディスプレイでまとめてモニ

タすることができます.
なお，数値ディスプレイの見方については，Appendix(p.89) を参照してください.

図 3.5: 数値ディプレイ

数値ディスプレイを表示させるには，メインウインドウのメニューバーから「View」→「Show Numerical Display」を選択してください.

第4章　トラブルシューティング

4.1　AP-CUB と PolarStar に関するもの

4.1.1　オートモードのサーボテストでサーボが動作しない

- M/A 切替チャンネルは正しく接続されていますか?
- M/A 切替スイッチはオートモードになっていますか?
- RC 受信機に電源は供給されていますか?
- サーボ駆動用バッテリは接続 (スイッチを設けていれば ON) されていますか?
- RC 受信機と AP-CUB の接続 (p.19) は正しく行われていますか?
- AP-CUB とサーボの接続 (p.20) は正しく行われていますか?
- M/A 切替チャンネルのプロポ設定 (p.17) は正しく行われていますか?
- M/A 切替スイッチの動作量の設定 (p.17) は正しく行われていますか?
- AP-CUB とグランドステーションは正しく無線接続されていますか?
  (「AP-CUB とグランドステーションの接続がうまくいかない」p.59 を参照)
- サーボの動作方向が逆の場合には，サーボの設定 (p.25) が正しく行われていない可能性があります．もう一度サーボの設定を行ってください．

4.1.2　マニュアルモードでサーボが動かない

- M/A 切替チャンネルは正しく接続されていますか?
- M/A 切替スイッチはマニュアルモードになっていますか?
- RC 受信機に電源は供給されていますか?
- サーボ駆動用バッテリは接続 (スイッチを設けていれば ON) されていますか?
- RC 受信機と AP-CUB の接続 (p.19) は正しく行われていますか?
- AP-CUB とサーボの接続 (p.20) は正しく行われていますか?

- M/A 切替チャンネルのプロポ設定 (p.17) は正しく行われていますか?
- M/A 切替スイッチの動作量の設定 (p.17) は正しく行われていますか?

4.1.3　ピトー管先端を吹いても PolarStar の対気速度計の指示が大きくならない

- AP-CUB とグランドステーションは正しく無線接続されていますか?
  (「AP-CUB とグランドステーションの接続がうまくいかない」p.59 を参照)
- AP-CUB 側の全圧チューブ端を一旦とりはずし，AP-CUB の全圧ポートを指でふさぎ，指を押し付けてみてください．これで PolarStar の速度計の指示が上がるならば，ピトー管から AP-CUB に至る全圧チューブのどこかが外れているか，折れ曲がるなどしています．チェックしてください．

4.1.4　静圧孔を吸っても，PolarStar の気圧高度計の指示が大きくならない

- AP-CUB とグランドステーションは正しく無線接続されていますか?
  (「AP-CUB とグランドステーションの接続がうまくいかない」(p.59 を参照)
- ピトー静圧管を使用している場合，一旦 AP-CUB の静圧孔に接続してある圧力接続用チューブを取り外し，20cm 程度の長さの圧力接続用チューブを取り付けて軽く吸ってみてください．これで気圧高度の表示が変化するならば，ピトー静圧管の静圧孔から AP-CUB に至る静圧チューブのどこかが外れているか，折れ曲がるなどしています．チェックしてください．

4.1.5　気圧高度コマンドが設定したものと違う

- WP リストで気圧高度を設定した後，Enter キーを押しましたか?　Enter キーを押さないと設定されません．
- WP データを送信しましたか? WP リストが空白の場合や,「Send」の部分が赤いままになっている WP は，まだデータが AP-CUB に送信されていないことを示しています．
  しばらく待っても白に戻らない場合は，再度「Send」をクリックしてください．

4.1.6　ダウンリンクデータは表示・更新されるが，GPS データが表示・更新されない

- GPS のアンテナは正しく接続していますか?

- 屋外で GPS アンテナをさえぎるようなものがない状態でチェックしていますか?
  窓から GPS アンテナを外に向けた状態では，通常十分な受信はできません．屋外で実施してください.
- 納入後，最初に電源を入れた状態ではデータが受信できるようになるまでに 15 分程度かかることがあります.
- GPS のデータが表示・更新されるまでに毎回長い時間かかる場合には，内部のバックアップバッテリが消耗している可能性があります．カスタマーサポートまでご連絡ください．ただし，バックアップバッテリは消耗品ですので，その交換作業は p.7 の保証規定により有償となります．ご了承ください.

4.1.7 クリックしても WP を選択，位置変更ができない

- 該当の WP が地図中央付近に来るようにして，地図を拡大してからもう 1 度行ってください.

4.1.8 クリックしたら違う WP が選択され，位置が変更されてしまう

- 該当の WP が地図中央付近に来るようにして，地図を縮小してからもう 1 度行ってください.

4.2 通信に関するもの

4.2.1 AP-CUB とグランドステーションの無線接続がうまくいかない

- AP-CUB のシステムバッテリは接続されていますか?
- AP-CUB のシステムバッテリは充電されていますか?
- AP-CUB のシステムバッテリ接続後，システムスイッチを押しましたか?
- 機上側の無線モデムの電源は ON になっていますか? あるいはバッテリは充電されていますか?
- 機上側の無線モデムのバッテリは充電されていますか?
- AP-CUB と機上側無線モデムは付属品のシリアルケーブル (p.20) で正しく接続されていますか?
- 機上側および GS 側無線モデムの通信条件は p.13 の通りにになっていますか?
- GS 側無線モデムの電源は入っていますか?
- GS 側無線モデムとノートパソコンはストレート接続されていますか?

- Polar Star の「Ser.1」は，正しい COM 番号のポートになっていますか?
- Polar Star の「Ser.1」の「Conn」ラジオボタンをクリックしてコネクトしていますか?
- 機上側，GS 側ともに無線モデムのアンテナは正しく接続されていますか?
- Futaba FDA01 をご使用の場合で，GS 側の「RD」の LED が緑と赤で交互に点滅しているが，Polar Star でダウンリンクデータの確認が出来ない場合には，一旦 Polar Star を終了させた後 (p.38)，再度 Polar Star を起動して「Ser.1」の「Conn」(コネクト) を行ってください.

4.2.2　データを受けた瞬間 PolarStar が閉じて，エラー表示が出る

1. PolarStar を再起動してください．まだ,「Ser.1」の「Conn.」ラジオボタンは押さないで下さい.
2. AP-CUB のシステムスイッチを押した後に「Ser.1」の「Conn.」ラジオボタンを押して，ポートを接続してください.

4.2.3　「マイコンピュータ」→「プロパティ」→「デバイスマネージャ」で「ポート (COM と LPT」が表示されない

- USB-シリアル変換ケーブルのドライバが正しくインストールされていません．製品の取扱説明書に従ってインストールをやり直してください.

4.2.4　PolarStar メインウインドウ左上の「Ser.1」のところに，COM 番号が表示されず空白になっている．あるいは正しい COM 番号が見つからない

- USB-シリアル変換ケーブルはノートパソコンに接続されていますか?
- USB-シリアルケーブルのドライバが正しくインストールされていない可能性があります．USB-シリアル変換ケーブルの取扱説明書にしたがって，ドライバのインストールをやり直してください.

4.3　電波到達距離に関するもの

4.3.1　電波到達距離テストでラジコンの場合と比較して著しく到達距離が短くなる

- モデム用電源電圧の変換のために DC-DC コンバータなどを使用していませんか?
DC-DC コンバータ内部のチョッパー動作により，ノイズを発生している場合があり

ますので，3 端子レギュレータに取り替えてみてください．
また，電源線やサーボ線などにトロイダルコアを挿入したり，フィルタつきのサーボ線を使用するなどのノイズ対策を施してください．

- 機上のバッテリをひとつずつ順にはずし，電波到達距離に差がでるかどうか確認することにより，ノイズの発生源を特定してください．
  ノイズ発生源と思われるものが特定できたら，その機器に対して集中的にトロイダルコア等によりノイズ対策を行ってください．

4.4　どうしてもトラブルが解決しない場合

上記の通りにやってもトラブルが解決しない場合や，上記の例の中にあてはまらないトラブルがどうしても解決できない場合には，カスタマーサポートまでご連絡ください．

カスタマーサポート
e-mail : uav@xenocross.net
電話：080-5274-3810(担当：小島)

第5章　Appendix

5.1　AP-CUB のモードについて

AP-CUB では，UAV をパイロットがラジコン操縦するか，コンピュータによって自律制御するか，という観点から「マニュアルモード」と「オートモード」の 2 種類のモードを持っています.
マニュアルモードは，通常のラジコン操縦と全く同じです．オートモードは，プロポから操縦することなく，あらかじめ設定したウェイポイントと設定高度を順にたどって飛行するモードです.
マニュアルモードのことを，PIC(Pilot In Command) モード ，オートモードのことを，CIC(Computer In Command) モード と呼ぶ場合もあります.

AP-CUB を搭載した UAV は，最初ラジコン操縦 (マニュアルモード) によって離陸させ，その後プロポによって自律飛行 (オートモード) に移行させます．着陸させる場合も同様に，オートモードで飛行している UAV を，プロポによってマニュアルモードに移行させ，ラジコン操縦によって着陸させます.
マニュアルモードとオートモードの切替は，プロポの適当なトグルスイッチなどに割り当てて行います.

一方,「オートモード」の下位のサブモードとして，通常の自律飛行制御を行う「ノーマルモード」，サーボの設定を行うための「サーボセッティングモード」，サーボの動作チェックを行うための「サーボテストモード」，緊急時の「エマージェンシーモード」の 4 つのモードを持っています.

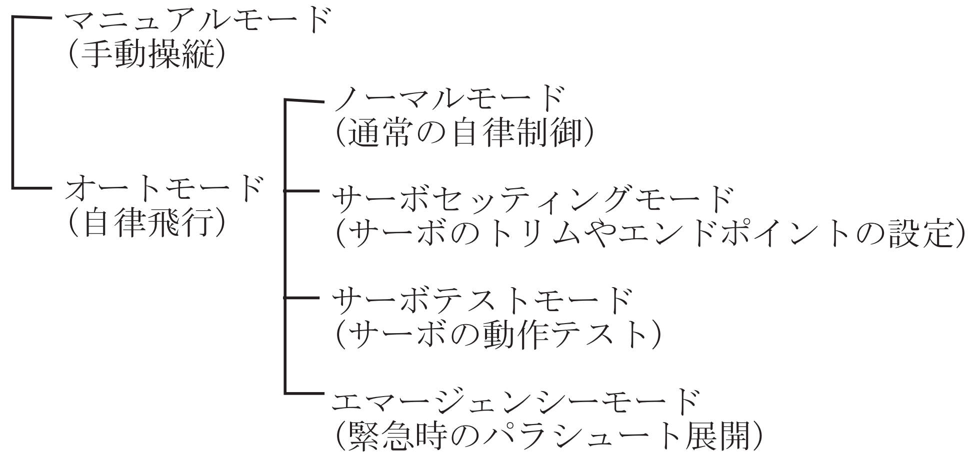


図 5.1: AP-CUB のモード

5.2 ノーマルモードの制御方法

AP-CUB では，縦の制御に TECS(Total Energy Control System) を使用し，横の制御に THCS(Total Heading Control System) を改良したものを用いています．若干専門的になりますが，以下にその概要について説明します．詳細は参考文献 [1],[2] を参照してください．

5.2.1 TECS

航空機を質点とみなすと，このときの航空機の全エネルギ E は

$$E = \frac{1}{2}mV_a{}^2 + mgh \tag{5.1}$$

ただし，m:質量，V_a:速度，g:重力加速度，h:高度
であり，全エネルギの変化率 (パワー)$\dot{E}$ は式 (5.1) を微分して

$$\dot{E} = mV_a\dot{V}_a + mg\dot{h} = mgV_a\left\{\left(\frac{\dot{V}_a}{g}\right) + \gamma\right\} \tag{5.2}$$
$$\left(\dot{h} = V_a \sin\gamma \approx V_a\gamma\right)$$

と表されます．但し，航空機の質量 m は一定であり，経路角 γ は微小と仮定します．
ここで，パワーを速度で除したものは力なので，必要推力 T_{req} は以下のように表されます．

$$T_{req} = mg\left\{\left(\frac{\dot{V}_a}{g}\right) + \gamma\right\} + D \tag{5.3}$$

初期必要推力は抵抗 D と釣り合っており，抵抗の変化 ΔD は微小であると仮定すると，速度変化あるいは経路角変化に伴う推力の増分 ΔT_{req} は

$$\Delta T_{req} = mg\left\{\left(\frac{\Delta\dot{V}_a}{g}\right) + \gamma\right\} \tag{5.4}$$
$$= \dot{E}/V_a \tag{5.5}$$

式 (5.4),(5.5) より，航空機の全エネルギは推力コントロールで直接生み出せる事が分かります．従って，推力コマンドは，加速度コマンドを $\dot{V}_c$，経路角コマンドを γ_c とするとき，比例・積分制御を用いて

$$
\begin{aligned}
\delta_{Tc} &= mg\left(K_{pn} + \frac{K_{in}}{s}\right)\left(\frac{\dot{V}_e}{g} + \gamma_e\right) \\
\dot{V}_e &= \dot{V}_c - \dot{V}_a \\
\gamma_e &= \gamma_c - \gamma
\end{aligned}
\tag{5.6}
$$

ただし，K_{pn}:比例ゲイン，K_{in}:積分ゲイン
と表されます．
一方，エンジン推力によるパワーは，エレベータによって高度変化に使用するか，速度変化に使用するかを配分できるので，エレベータ舵角が正（後縁下げ）の時，ピッチダウン(速度増加) となるので，エレベータコマンドは式 (5.6) と同様に比例・積分器を用いて

$$\delta_{ec} = \left(K_{pe} + \frac{K_{ie}}{s}\right)\left(\frac{\dot{V}_e}{g} - \gamma_e\right) \tag{5.7}$$

ただし，K_{pe}:比例ゲイン，K_{ie}:積分ゲイン，s:ラプラス演算子
と表されます．

式 (5.6) および (5.7) では，加速度および経路角がコマンドとなっていますが，実際の運用においては速度および高度を指定する方が便利です．そこで，以下のようにして速度コマンド (V_c)，高度コマンド (h_c) から加速度コマンド ($\dot{V}_c$)・経路角コマンド (γ_c) への変換を行います．ただし，経路角は微小と仮定します．

$$\dot{V}_c = K_v(V_c - V_a) \tag{5.8}$$

$$\gamma_c = K_h\frac{h_c - h}{V_a}(|\gamma_c| \leq \gamma_{limit}) \tag{5.9}$$

または

$$\gamma_c = \gamma_{limit}(|\gamma_c| > \gamma_{limit}) \tag{5.10}$$

K_v および K_h は速度偏差および経路角偏差から加速度コマンドおよび経路角コマンドを生成するためのゲインであり，経路角コマンドとして過大な値が指定されることの無いよう，γ_{limit} によって経路角コマンドに制限を設けています．

5.2.2 THCS

剛体の横の運動方程式

$$m\left(\dot{V} + RU - PW\right) = Y_a - mg\cos\Theta\sin\Phi \tag{5.11}$$

ただし，U, V, W:機体軸 x,y,z 方向対地速度，P, R:機体軸 x,z 軸回り角速度，
Y_a:機体軸 y 方向空気力，Θ, Φ:ピッチ角，バンク角
から，Φ，Θ，W，P を微小と仮定し，また $V_a = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2} \doteq U$ と近似すれば，

$$\dot{\beta} = -R + \frac{g}{V_a}\Phi + \frac{Y_a}{mV_a} \tag{5.12}$$

ただし，β:横滑り角
釣り合い旋回のためには，$\dot{\beta} = 0$ および $Y_a = 0$ でなければならないので，式 5.12 から，

$$\Phi = \frac{V_a}{g} R \tag{5.13}$$

となります．つまり速度一定でサイドスリップがなければ，バンク角とヨーレートは比例します．

このとき，$\dot{\beta}$ の項を残すと，式 (5.12) は

$$\Phi = \frac{V_a}{g}\left(\dot{\beta} + R\right) \tag{5.14}$$

あるいは

$$R = \frac{\Phi g}{V_a} - \dot{\beta} \tag{5.15}$$

となります．

式 (5.15) より，飛行機の旋回率は，バンク角とサイドスリップの変化率で基本的に決まることを示しています．バンク角は主にエルロンでコントロールし，サイドスリップはラダーで主にコントロールするものですので，縦の TECS の場合とのアナロジーにより，飛行機の旋回率を，エルロンとラダーに分配してコントロールする，と考えることができます．以上から，THCS においては $\dot{\Psi} = R$ と近似すれば，TECS と同様に比例・積分器を用いてエルロンとラダーのコマンドは

$$\delta a = \frac{V}{g}\left(K_{pa} + \frac{K_{ia}}{s}\right)\left(\dot{\beta}_e + \dot{\Psi}_e\right) \tag{5.16}$$

$$\delta r = \frac{V}{g}\left(K_{pr} + \frac{K_{ir}}{s}\right)\left(\dot{\beta}_e - \dot{\Psi}_e\right) \tag{5.17}$$

ただし， (5.18)

$$\dot{\beta}_e = \dot{\beta}_c - \dot{\beta} \tag{5.19}$$

$$\dot{\Psi}_e = \dot{\Psi}_c - \dot{\Psi} \tag{5.20}$$

K_{pa}, K_{pr}:比例ゲイン，K_{ia}, K_{ir}:積分ゲイン
と書けます．
ただし，飛行機の旋回は釣り合い旋回 ($\beta = 0$) が基本であり，ラダーを多用した旋回は，時にクロスコントロールとなってスピンなどの危険な状態になることもありうるので，ラダーはサイドスリップサプレッションのみに使用する方が安全です．AP-CUB では，方位角 Ψ の近似値として，対地コース (COG，Course Over Ground) χ を用い，横滑り角 β のかわりに横加速度 A_y を用いています．したがって，式 (5.16) および式 (5.17) は，

$$\delta a = \frac{V}{g}\left(K_{pa} + \frac{K_{ia}}{s}\right)\left(A_{y_e} + \dot{\chi}_e\right) \tag{5.21}$$

$$\delta r = \frac{V}{g}\left(K_{pr} + \frac{K_{ir}}{s}\right)\left(A_{y_e}\right) \tag{5.22}$$

ただし，

$$A_{y_e} = A_{y_c} - A_y \tag{5.23}$$

$$\dot{\chi}_e = \dot{\chi}_c - \dot{\chi} \tag{5.24}$$

なお，釣り合い旋回の条件 $A_{y_c} = 0$ より，式 (5.23) は，

$$A_{y_e} = -A_y \tag{5.25}$$

となります.

TECS の場合と同様に，実際の運用においてはコース変化率としてコマンドを与えるよりも，コースそのものでコマンドを与える方が容易ですので，以下の式によってコースコマンドからコース変化率コマンドを生成します.

$$\dot{\chi}_c = K_\psi(\chi_c - \chi) \quad (|\dot{\chi}_c| \geq \dot{\chi}_{limit}) \tag{5.26}$$

または

$$\dot{\chi} = \dot{\chi}_{limit} \quad (|\dot{\chi}_c| < \dot{\chi}_{limit}) \tag{5.27}$$

TECS における経路角コマンド生成の場合と同様に，過大なコース変化率は過大なバンク角につながるので，適当なコース変化率を上限値として定め，バンク角が深くなり過ぎないようにしています.

5.3　エマージェンシーモード

飛行中の UAV がエマージェンシーモードに入る条件は，以下の場合です.

1. Polar Star からエマージェンシーコマンドを受け取ったとき.
2. オートモードでクロストラックエラー [1]が 1200m 以上になったとき.

エマージェンシーモードでは，以下の操作が自動的に行われます.

1. スロットルをクローズ位置にする.
2. キルスイッチ駆動サーボでエンジンを停止する.
3. エンジン停止の 1 秒後にパラシュート開傘用サーボでパラシュートを開傘する.

スロットルクローズの位置や，キルスイッチやパラシュート開傘のサーボ位置などはp.29 の方法で設定します.

また，UAV はオートモードで飛行している必要があります.
マニュアルモードで飛行中や，M/A 切替チャンネルのフェールセーフ設定をマニュアルモードにしている場合には上記の条件に合致してもエマージェンシーモードにはなりません.

[1]現在位置と，現在位置からもとのコースに下ろした垂線の足との距離のことをいいます.

5.4　1 台または 2 台の PC による無線モデムの動作チェックの方法

1 台の PC でチェックする方法

1. PC に 2 本の USB-シリアル変換ケーブルを接続します．PC に USB コネクタが 1 つしかない場合には，市販の USB ハブを利用してください．

2. USB-シリアル変換ケーブル端の D-Sub9 ピンコネクタのひとつを，1 台の無線モデムに接続し，同様にもう 1 本の USB-シリアル変換ケーブル端の D-Sub9 ピンコネクタを，もう 1 台の無線モデムに接続します．

3. 無線モデムの PC との通信条件を p.13 の通りに 2 台の無線モデムそれぞれに設定します．マスター/スレーブの設定が必要な機種 (Futaba FDA01 など) では，その設定も行います．詳細は取扱説明書を参照してください．

4. Windows XP に付属のハイパーターミナルを 2 つ起動します．ハイパーターミナルは,「スタート」→「すべてのプログラム」→「アクセサリ」→「通信」の中にあります.「新しい接続」のウインドウでは，起動する毎に「PC1」や「PC2」など，別の名前をつけてください．

5. 「接続の設定」ウインドウでは，USB-シリアル通信ケーブルを接続した COM ポートの番号を,「接続方法」のところで指定します．同種のケーブルを 2 本使用している場合，どちらのケーブルがどちらの COM 番号かを確認するには p.14 の方法でデバイスマネージャを開き，ケーブルを 1 本抜いてみると確認できます．

6. PC 側の通信条件を p.13 のように設定します．

7. 同じ方法で，ハイパーターミナルのウインドウをもう一つ設定します．

8. 無線モデムの電源を 2 台とも投入します．このとき，無線区間の通信が確立しているかを LED 等で確認できる機能のあるもの (Futaba FDA01 など) では，通信の確立を確認してください．

9. 「PC1」のウインドウでメニューバーから「通信」→「電話」を選択します．同様に,「PC2」のウインドウでメニューバーから「通信」→「電話」を選択します．

10. 「PC1」のウインドウをアクティブにして，適当にキーボードから入力します．入力した文字列が「PC2」のウインドウに現れれば OK です．

11. 同様に,「PC2」から適当な文字列をキーボードから入力し，入力した文字列が「PC1」のウインドウに現れれば OK です．

2 台の PC でチェックする方法

2 台の PC でチェックするためには，1 台でテストを行う場合に接続していた 2 本の USB-シリアル変換ケーブルのうち 1 本をもう 1 台の PC に接続してテストを行います.
この場合には，1 台の PC で起動するハイパーターミナルは 1 つだけです.
あとの手順はは，1 台で行う場合と全く同様です.

5.5 Polar Star:インスツルメントパネルについて

インスツルメントパネルでは，おもに

- センサデータ
- GPS データ
- M/A 各モードの舵角
- バッテリ電圧

などのデータのモニタを行います.

インスツルメントパネルウインドウを表示するためには，メインウインドウのメニューバーから「View」→「Show Inst Panel」をクリックします.
以下に，インスツルメントパネルの表示内容について説明します.

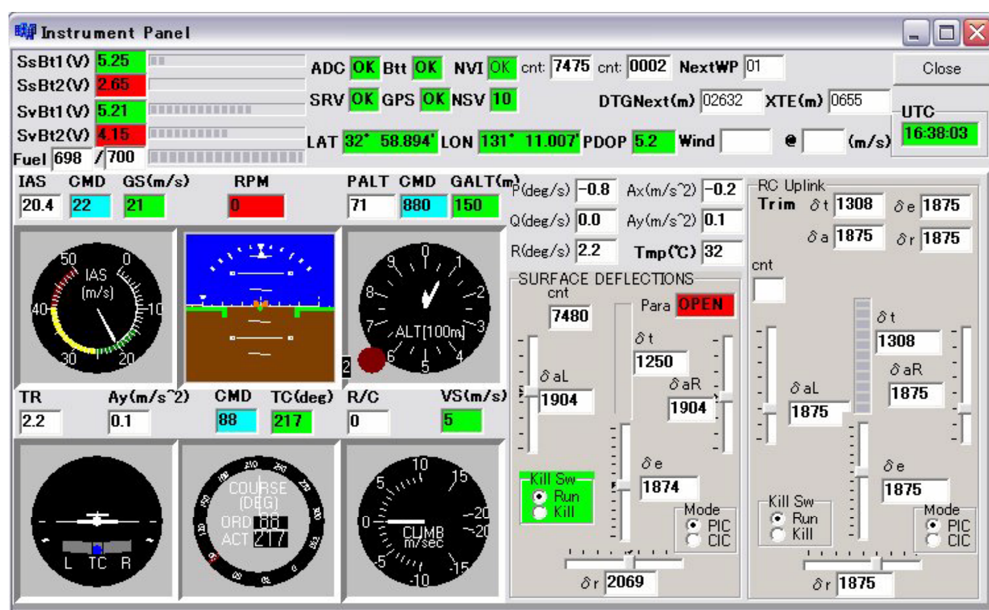


図 5.2: インスツルメントパネルウインドウ

インスツルメントパネルウインドウで文字の背景が

- 「**緑または白**」で表示されているものは「**正常**」
- 「**黄**」で表示されているものは「**要注意**」
- 「**赤**」で表示されている場合には「**異常または処理途中**」

であることを示しています.
これは，他のウインドウでも共通ですので，赤い背景が継続して表示されている場合には，何か問題があります．**UAV が飛行中であれば，直ちにマニュアルモードにして着陸**

させ，原因究明を行ってください．
なお，バッテリを二重系にしていない場合には，接続されていないバッテリ系統は赤い背景に「NG」と表示されますがこれは問題ありません．
また，姿勢指示器 (Attitude Indicator) のグラフィカル表示は，地上では正しい姿勢を表示しますが，飛行中はその限りではありません．飛行中の姿勢表示は参考にしないで下さい．

インスツルメントパネルウインドウ 上部

表 5.1: インスツルメントパネル上部

ラベル名	内容	備考
SsBt1	システムバッテリ 1 の電圧 (V)	5V 以上で緑，5V 未満で赤
SsBt2	システムバッテリ 2 の電圧 (V)	〃
SvBt1	サーボバッテリ 1 の電圧 (V)	〃
SvBt2	サーボバッテリ 2 の電圧 (V)	〃
Fuel	燃料残量 (cc)	使用しません．無視してください．
ADC	センサデータ受信状況	センサデータ ($ADC) の一定時間途絶で NG
Btt	バッテリデータ受信状況	バッテリデータ ($BTT) の一定時間途絶で NG
NVI	ガイダンスデータ受信状況	ガイダンスデータ ($NVI) の一定時間途絶で NG
SRV	CIC サーボデータ受信状況	CIC サーボデータ ($SRV) の一定時間途絶で NG
GPS	GPS データ受信状況	GPS データ ($GPS) の一定時間途絶で NG
NSV	捕捉衛星数 (個)	3 個以下だと赤
LAT	緯度	ddmmmm
LON	経度	dddmmmm
PDOP	衛星配置の良否を示す指標	数字小ほど GPS データの精度良好
cnt(左)	センサデータカウンター	数字の変化はデータ更新中の意
cnt(右)	バッテリデータカウンター	〃
NextWP	次の Waypoint 番号	
DTGNext	次の Waypoint までの距離 (m)	
XTE	クロストラックエラー (m)	p.68 参照
Wind	風向 (deg)@風速 (m/s)	概略の風向・風速
UTC	協定世界時	

インスツルメントパネル 左下部

表 5.2: インスツルメントパネル左下部

ラベル名	内容	備考
IAS	指示対気速度 (m/s)	微差圧センサ出力値を速度に換算
CMD(IAS の右)	速度コマンド (m/s)	IAS に対するコマンド
GS	対地速度 (m/s)	GPS 出力値
RPM	回転数 (RPM)	回転数センサ出力値 (オプション)
PALT	気圧高度 (m)	絶対圧センサ出力値を高度に換算 (標準大気)
CMD(PALT の右)	高度コマンド (m)	PALT に対するコマンド
GALT	GPS 高度 (m)	GPS 出力値
TR	旋回率 (deg/s)	ヨー角速度 R と同値
Ay	Y 軸加速度 (m/s^2)	Y 軸 (右主翼方向が正) 方向の加速度
CMD(TC の左)	コースコマンド (deg)	TC に対するコマンド
TC	コース (deg)*	機体の対地コース
R/C	上昇率 (m/s)	圧力高度から算出
VS	垂直移動速度 (m/s)	GPS 出力値
P	ロール角速度 (deg/s)	機体軸 **X 軸まわりの角速度
		右バンク方向が正，左バンク方向が負
Q	ピッチ角速度 (deg/s)	機体軸 Y 軸まわりの角速度
		頭上げが正，頭下げが負
R	ヨー角速度 (deg/s)	機体軸 Z 軸まわりの角速度
		右方向が正，左方向が負
Ax	X 軸加速度 (m/s^2)	機体軸 X 軸方向の加速度
Ay	Y 軸加速度 (m/s^2)	機体軸 Y 軸方向の加速度
Tmp	温度 (℃)	ヨー角速度 R センサの素子の温度 (気温ではない)

* AP-CUB で使用する方位は真方位[2]です．磁方位[3] ではありませんのでご注意ください．

** 機体の重心を原点として，機種方向に X 軸，右翼方向に Y 軸，機体下面方向に Z 軸となるような右手座標系を機体軸と呼びます．

[2]地図上の北を 0 °として 360 °まで時計回りに測った方位です．

[3]方位磁針が指す北を 0 °として 360 °まで時計回りに測った方位で，場所によって真方位との差は異なります．

インスツルメントパネル右下部

SURFACE DEFLECTIONS：自動操縦舵角 (AP-CUB からの信号，count [4])

ラベル名	内容	備考
cnt	カウンター	$SRV データのカウンタ
δ t	スロットルサーボ舵角 (count)	
δ aL	エルロンサーボ舵角 (count)	
δ aR	〃	
δ e	エレベータサーボ舵角 (count)	
δ r	ラダーサーボ舵角 (count)	
Mode	M/A モード	A：自動/M：手動
Para	パラシュート	OPEN/CLOSE
Kill sw	エンジンキルスイッチ	Run/Kill

RC Uplink：手動操縦舵角 (プロポからの信号，count [5])
注：オプションのグランドステーションボックスを使用したときのみ有効です．

ラベル名	内容	備考
cnt	カウンター	$RCC データのカウンタ
δ t	スロットルサーボ舵角 (count)	
δ aL	エルロンサーボ舵角 (count)	
δ aR	〃	
δ e	エレベータサーボ舵角 (count)	
δ r	ラダーサーボ舵角 (count)	
Mode	M/A モード	A：自動/M：手動
Kill sw	エンジンキルスイッチ	Run/Kill
Trim δ t	スロットルサーボのトリム舵角 (count)	
Trim δ a	エルロンのトリム舵角 (count)	
Trim δ e	エレベータのトリム舵角 (count)	
Trim δ r	ラダーの舵角 (count)	

[4] サーボ位置を示す AP-CUB からの信号が 1250〜2500 の範囲の数値であらわされます.
[5] サーボ位置を示すプロポ信号が 1250〜2500 の範囲の数値であらわされます.

5.6　Polar Star:コントロールパネルウインドウについて

コントロールパネルウインドウでは，センサやサーボのモニタや設定，各種制御パラメータの設定，ウェイポイントの設定・送信などを行います．
コントロールパネルウインドウを表示するためには，メインウインドウのメニューバーから「View」→「Show Ctrl Panel」をクリックします．
コントロールパネルウインドウは 4 つのページから成っています．

1. Page Sensor
2. Page Servo Setting
3. Page Control Parameters
4. Page Waypoint

これらのページは，コントロールパネルウインドウ内の上側にある，ページ名が書かれた「タブ」をクリックすることによって表示されます．

5.6.1　Page Sensor

「Sensors」のページでは，カウント値[6]，物理値が表示されます．

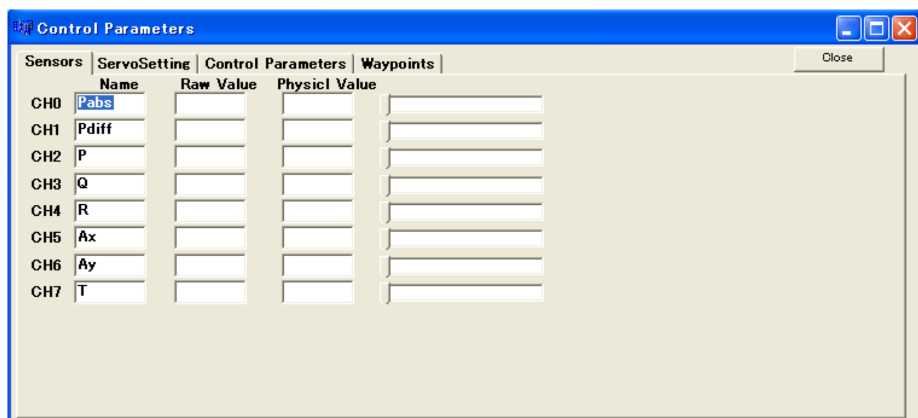


図 5.3: Page Sensors

各センサ名の意味を，表 5.3 に示します．

5.6.2　Page Servo Setting

各サーボ舵角の最大値，最小値，トリム値を設定，表示します．
詳細は，p.29 に説明してありますので，ここでは補足説明を行います．

[6]AP-CUB では 10 ビットの AD/C を使用しているため，センサ出力は 0〜1023 の数値 (カウント値) で表されます．

表 5.3: 各センサ名の意味

Name		Raw Value 単位	Ph Value 単位
Pabs	絶対圧	count	Pa
Pdiff	微差圧	count	Pa
P	ロール角速度	count	deg/s
Q	ピッチ角速度	count	deg/s
R	ヨー角速度	count	deg/s
Ax	X 軸加速度	count	m/s^2
Ay	Y 軸加速度	count	m/s^2
T	温度	count	℃

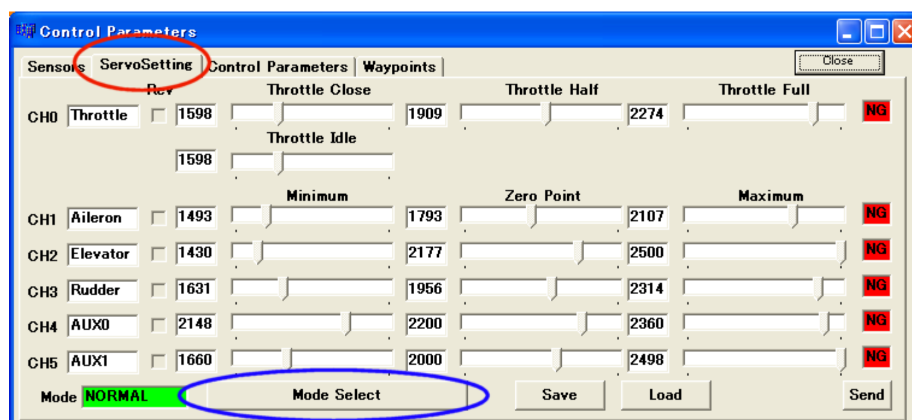


図 5.4: Page Servo Setting

各サーボの最大値，最小値，トリム値の設定が終わったら,「Save」ボタンを押して設定をファイルに記録することができます．ファイル名は自動的に「ServoLimit.svl」となります．
最初に Polar Star を立ち上げて，AP-CUB とシリアル接続すると，この設定値は自動的にファイルから読み出されて AP-CUB に送信されます．
したがって，AP-CUB のシステムスイッチを押したり，電源を一度落としたりした場合には，Polar Star も一度終了させた後，再度起動し，シリアル接続をする必要があります．

「Load」ボタンを押すと，拡張子が".svl"のファイルをロードすることができます．複数の機体のデータを保存する場合には，一旦「ServoLimit.svl」としてセーブした後，ファイルをコピーして適当なファイル名に名前を変更しておくと便利です．ただし，拡張子は".svl"としておきます．

「Send」ボタンを押すと，サーボセッティングページに表示している数値を AP-CUB に送信することができます.「ServoLimit.svl」以外のサーボセッティングデータをロードし

た後などに使用します.

5.6.3 Page Control Parameters

「Control Parameters」のページでは，制御パラメータの設定や，モニタ，また AP-CUB への各種コマンドを送信するために使用します．制御パラメータのチューニング段階では，使用頻度が非常に高く，また操作を誤ると最悪の場合墜落に至る可能性があるため，操作にはあらかじめ慣れておく必要があります．

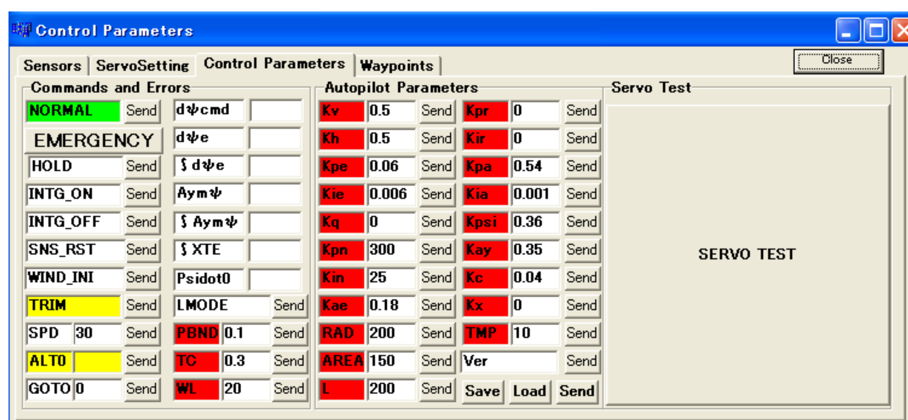


図 5.5: Page Control Parameters

Control Parameters ページには，

1. 「コマンド」,「数値」,「Send」ボタン
2. 「コマンド」,「Send」ボタン
3. 「コマンド表示のためのボタン」
4. 「パラメータ」,「数値」

の 4 タイプのものが表示されています．
1. のタイプ (「Kv」,「0.5」,「Send」など) は,「数値」欄をマウスで選択してキーボードから数値を入力し,「Send」ボタンを押すことでコマンド送信 (この場合は，ゲイン Kv の設定) を行います．
2. のタイプ (「NORMAL」,「Send」など) は,「Send」ボタンを押すことでコマンド送信 (この場合は，ノーマルモードへの移行) を行います．
3. タイプ (「EMERGENCY」と「SERVO TEST」のみ) は，コマンド表示のためのボタンを押すと，1. の形式の表示にかわりますので，1. の要領でコマンド送信を行います．
コマンド送信後，コマンド名の背景が一旦赤く表示された後白い表示に戻れば，AP-CUB によってそのコマンドが受け付けられたことを示しています．
コマンド送信後，コマンドの受付に時間がかかる場合がありますので，赤い背景が白に戻らない場合，何度も「Send」ボタンを押さずにしばらく待ってください．
何度も「Send」ボタンを連続して押すと，Polar Star がフリーズする場合があります．
4. のタイプ (「Send」ボタンが右横にないもの) は，パラメータの値をモニタするためのものです．

AP-CUB のオートモードには p.63 に説明したように，4 つの制御モードがあります.

1. NORMAL モード　…　通常の自動制御モード
2. EMERGENCY モード　…　緊急時のエンジンストップ&パラシュートオープン
3. SERVO TEST モード　…　飛行前のサーボ動作確認
4. SERVO SETTING モード　… トリムサーボ位置と動作範囲の設定

飛行直前には必ず NORMAL モードであることを確認してください.
エマージェンシーモードのチェックを実施した後は，必ず p.44 の手順にしたがって，AP-CUB のリセットと PolarStar との通信の再接続を行ってください.
Table.5.4 にそれぞれのモードへの移行方法を示します.
サーボセッティングモードへの移行は，サーボセッティングのページ (p.29) から行います.

表 5.4: 各モードへの移行方法

コマンド	効果
NORMAL	NORMAL モードに移行
To Normal Mode ボタン (SERVO TEST モードでのみ表示)	NORMAL モードに移行
EMERGENCY ボタン※	EMERGENCY コマンドの表示
EMERGENCY	EMERGENCY モードに移行
SERVO TEST ボタン※	SERVO TEST コマンドの表示

※注意：図 5.5 で示される EMERGENCY や SERVO TEST のパネルをクリックしただけではそれぞれのモードには移行しません.
パネルをクリックした後，図 5.6 のようにパネルの下から現れる EMERGENCY コマンドおよび SERVO TEST の各コマンドを「Send」ボタンを押して送信することで，それぞれのモードに移行します.

Table.5.5 に SERVO TEST コマンドの種類とその効果を示します.

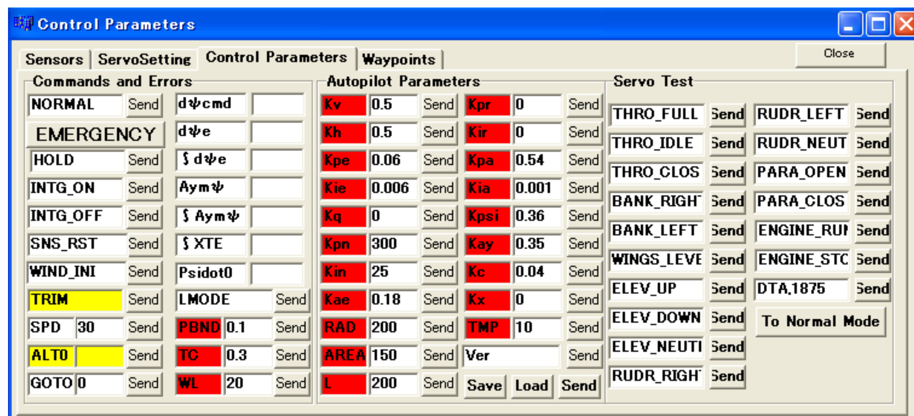


図 5.6: Servo Test

表 5.5: SERVO TEST コマンド

コマンド	効果	コマンド	効果
THRO_RULL	スロットルフル	RUDR_RIGHT	ラダー右
THRO_IDLE	スロットルアイドル	RUDR_LEFT	ラダー左
THRO_CLOSE	スロットルクローズ	RUDR_TRIM	ラダーニュートラル
BANK_RIGHT	エルロン右	PARA_OPEN	パラシュートオープン
BANK_LEFT	エルロン左	PARA_CLOSE	パラシュートクローズ
WINGS_LEVEL	エルロンニュートラル	ENGINE_RUN	エンジンラン
ELEV_UP	エレベータアップ	ENGINE_STOP	エンジンストップ
ELEV_DOWN	エレベータダウン	DTA. ○○○○	使用しません
ELEV_TRIM	エレベータニュートラル		

その他のコマンドに関して表 5.6 と表 5.7 に記載します．その他のコマンドを送信するためには，コマンド右横の「Send」ボタンを押します．コマンド名の背景が一旦赤く表示された後，白い表示に戻れば AP-CUB によってそのコマンドが受け付けられたことを示しています.

よく使用するコマンド

表 5.6: よく使用するコマンド

コマンド	効果
SPD	速度コマンドの送信
TRIM	トリム取得
ALT0	高度オフセットの調整
GOTO	入力した Waypoint 番号へ飛行
SNS_RST	センサゼロ点リセット
WIND_INI	風向・風速推定の開始
LMODE	自動 L 調整の ON/OFF

使用例

SPD　「SPD」右横の数値を「25」として送信した場合，対気速度が 25m/s になるように機体を制御します.

TRIM　オプションのグランドステーションボックスを使用している場合には，パイロットが手動でトリム飛行を続けている間にこのコマンドを送信します．これにより自動操縦の舵角のニュートラルがそれぞれトリム値となり，オートモードに移行してもスムーズに自律飛行を行うことが出来ます．**グランドステーションボックスを使用しない場合には，この機能は使用できません．**

ALT0　高度制御には圧力高度を使用しています．しかし日によって同位置でも気圧が変化し, オフセットがずれてしまうため飛行前に実際の標高と圧力高度を等しくする必要があります．このコマンドを入力することにより高度オフセット を変更することが出来ます.「ALT0」右横の数値を「50」としてと送信すると，インスツルメントパネルウインドウの PALT の値が +50 されます．GPS 高度 (GALT) を現在地の標高として使用しても構いませんが，真の値とは通常 10～15m の誤差があります.

GOTO　「GOTO」右横の数値を「3」として送信すると，送信後に現在地から WP3 に向かうようにコース変更します．Page Waypoint にも用意されています.

SNS_RST　飛行前に微差圧 (速度) と Ay のオフセットを 0 にするために用います．ピトー管にカバー (ビニール袋など) を被せて, 機体を地面と水平にした状態でこのコマンドを送信します.

WIND_INI 風推定 (特に風向) を推定するために使用します．コマンドを送信するタイミングは TRIM コマンドを送信した直後が適当です．
LMODE 設定した飛行経路上の仮の目標点までの距離 (m) を自動で変更します．AP-CUB 内では，この仮の目標点に向かうように横の制御を行います．自動の時は緑，手動で変更時は白となります．
手動で入力する場合には，表 5.7 の「L」コマンドの右横の数値 (m) を指定して送信しますが，数値が小さすぎると飛行経路が波打ちやすくなり，大きすぎると大回りをするようになります．

その他のコマンド

表 5.7: その他のコマンド

コマンド	効果	コマンド	効果
HOLD	現在の高度/速度/コースを保持	AREA	WP 通過判定距離 (m)
INTG_ON	積分の開始	L	仮想目標点距離 (m)
INTG_OFF	積分値リセット&積分終了	Kpr	制御ゲイン (p.65)
PBND	使用しません	Kir	制御ゲイン (p.65)
TC	使用しません	Kpa	制御ゲイン (p.65)
WL	使用しません	Kia	制御ゲイン (p.65)
Kv	制御ゲイン (p.64)	Kpsi	制御ゲイン (p.65)
Kh	制御ゲイン (p.64)	Kay	使用しません
Kpe	制御ゲイン (p.64)	Kc	使用しません
Kie	制御ゲイン (p.64)	Kx	使用しません
Kq	使用しません	TMP	使用しません
Kpn	制御ゲイン (p.65)	Ver	使用しません
Kin	制御ゲイン (p.65)		
Kae	使用しません		
RAD	使用しません		

表 tbl:unusedcmd にない項目は，使用しません．
なお，高度コマンドを変更したいときは p.54 の方法にしたがって，ウェイポイントリストを表示させ，高度コマンドを変更，送信してください．

サーボセッティングページと同様に,「Save」ボタンを押して設定をファイルに記録することができます．ファイル名は自動的に「ControlGains.gan」となります．
最初に Polar Star を立ち上げて，AP-CUB とシリアル接続すると，この設定値は自動的にファイルから読み出されて AP-CUB に送信されます．
したがって，AP-CUB のシステムスイッチを押したり，電源を一度落としたりした場合に

は，Polar Star も一度終了させた後，再度起動し，シリアル接続をする必要があります．

「Load」ボタンを押すと，拡張子が".gan"のファイルをロードすることができます．複数の制御パラメータ設定を利用したい場合には，一旦「ControlGains.gan」としてセーブした後，ファイルをコピーして適当なファイル名に名前を変更しておくと便利です．ただし，拡張子は".gan"としておきます．

「Send」ボタンを押すと，コントロールパラメータページに表示している数値を AP-CUB に送信することができます.「ControlGains.gan」以外のサーボセッティングデータをロードした後などに使用します．

5.6.4　Page Waypoint

　このページではウェイポイント情報のの設定，保存，送信を行います．すでに2.5.3(p.33)，および 2.6.2 (p.45) に説明してありますので，ここでは補足説明を行います．
　Page Waypoints 内のコマンドを表 5.8 に示します．

表 5.8: Page Waypoint 内のコマンド

コマンド	効果
NWP	Waypoint 数を機体に送信する
GOTO	入力した WP へ飛行させる
REV	逆周りに WP を通過する

使用例

NWP　WP を設定すると自動的にその数が NWP 欄に表示されます．基本的には「Send All」で送信されるので NWP 単独で送信することはありませんが，受信確認が取れない場合など，もう一度送信するために使用します．
GOTO　Table.5.6 参照
REV　WP を逆周りに通過します．右回りの飛行を左周りに変更したいときや，来た経路を戻したい時に使用すると便利です．REVERSE 時には緑色，通常時には白で表示されます．

　サーボセッティングページやコントロールパラメータページと同様に,「Save」ボタンを押してウェイポイントデータをファイルに記録することができます．ファイル名は任意ですが，拡張子は".wpt となります．
サーボセッティングページやコントロールパラメータページとは異なり，ウェイポイントファイルは自動的に AP-CUB に送信されませんので，ご注意ください．

　「Load」ボタンを押すと，拡張子が".wpt"のファイルをロードすることができます．

　「Send All」のセルをクリックすると，ウェイポイントデータをを AP-CUB に送信することができます．

5.7　グラフウインドウについて

グラフウインドウでは，縦のデータとして UAV の

- 気圧高度
- 対気速度
- エレベータ舵角
- スロットルサーボ舵角

横のデータとして

- 対地コース (COG, Course Over Ground)
- 横加速度 (サイドスリップ)
- エルロン舵角
- ラダー舵角

を時系列で表示します．

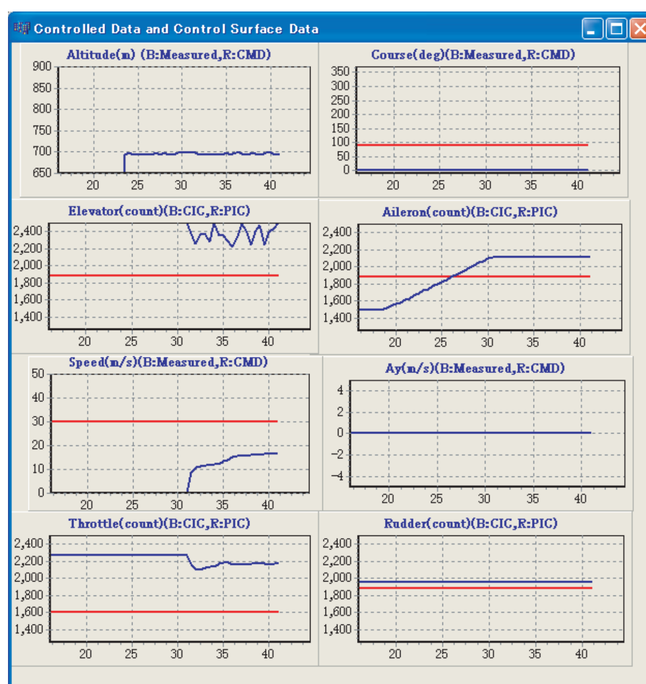


図 5.7: グラフウインドウ (ウインドウを拡大した状態)

グラフ表示をさせるためには，「Ser.1」の「Conn.」ラジオボタンをクリックしてシリアル接続を始める前に，メニューバーの「View」→「Show Graph」を選択してグラフウイ

ンドウを表示させてください．その後，「Ser.1」の「Conn.」ラジオボタンをクリックしてシリアル接続します．
この順序が異なると，グラフウインドウは表示されますが，グラフが表示されません．
表示されるグラフウインドウはあらかじめ幅を小さくしてあります.
縦と横のデータをどちらか見たい場合には，ウインドウ下のスライドバーを使って，必要なグラフを表示させてください.
縦横両方のデータを見たい場合には，ウインドウを拡大してください (図 5.7).

高度

青線は気圧高度，赤線は高度コマンドを表します. 縦軸単位は [m].

エレベータ舵角

青線はオートモードの舵角，赤線はマニュアルモードの舵角 (※) を表します．縦軸単位は [count]．エレベータアップ，エレベータダウンと count の大小の関係は,「オートモードでのサーボの動作範囲の設定」(29) での設定によって変わります.

速度

青線は対気速度，赤線は速度コマンドを表します. 縦軸単位は [m/s].

スロットルサーボ位置

青線はオートモードのサーボ位置，赤線はマニュアルモードのサーボ位置 (※) を表します．縦軸単位は [count]．アイドル，フルスロットルと count の大小の関係は,「オートモードでのサーボの動作範囲の設定」(29) での設定によって変わります.

コース

青線は対地コース (COG, Course Over Ground)，赤線はコースコマンドを表します. 縦軸単位は [deg].

エルロン舵角

青線はオートモードのの舵角，赤線はマニュアルモード (※) の舵角を表します．縦軸単位は [count]．エルロンの右・左と count の大小の関係は「オートモードでのサーボの動作範囲の設定」(29) での設定によって変わります.

Ay

青線は横加速度 (サイドスリップに相当) を表します. 縦軸単位は $[m/s^2]$.

ラダー舵角

青線はオートモードの舵角，赤線はマニュアルモードの舵角 (※) を表します．縦軸単位は [count]．ラダーの右・左と count の大小の関係は「オートモードでのサーボの動作範囲の設定」(29) での設定によって変わります.
※　グランドステーションボックスをお使いのときのみ有効です.

5.8　Polar Star:数値ディスプレイについて

　制御パラメータのチューニングの初期には，インスツルメントパネルウインドを使ってデータをモニタする方が便利ですが，制御パラメータのチューニングが落ち着いてくると，モニタが必要な数値は，高度，速度，コースなど，いくつかのものに限られてきます．また，次のウェイポイント番号や，到着予定時刻などのナビゲーションに関するデータを知りたくなります．
このディスプレイは，このような必要な数値をまとめて表示したものです．
数値ディスプレイを表示するためには，メインウインドウのメニューバーから「View」→「Show Numerical Display」をクリックします．

図 5.8: 数値ディプレイ

表 5.9: Autopilot Information

SPD	CMD	対気速度コマンド (m/s)
	IAS	対気速度 (m/s)
	SOG	対地速度 (m/s)
WIND		風向 (deg)
@		風速 (m/s)
ALT	CMD	高度コマンド (m)
	PALT	圧力高度 (m)
	GALT	GPS 高度 (m)
CRS	CMD	コースコマンド (deg)
	COG	コース (deg)
ENGINE	RPM	エンジン回転数 (RPM)(オプション)

表 5.10: Navigation Information

UTC	協定世界時
FLT TIME	飛行時間
TACH TIME	エンジン回転時間
FLT DIST	飛行距離 (km)
NXT WP	次の Waypoint
XTE	クロストラックエラー (m)
DTG NXT	次の WP までの距離 (km)
ETA NEXT	次の WP への到達時間
DTG DST	最終 WP までの飛行距離 (km)
ETA DST	最終 WP への到達時間

表 5.11: System Status

M/A	マニュアル/オート
SYS BTT1	システムバッテリ 1 電圧 (V)
SYS BTT2	システムバッテリ 2 電圧 (V)
SV BTT1	サーボバッテリ 1 電圧 (V)
SV BTT2	サーボバッテリ 2 電圧 (V)

5.9　Polar Star:通信データのキャプチャ

シリアルウインドウに表示されるデータを，ファイルに保存することができます.

1. メニューバーの「File」→「Start Log」をクリックし，適当なファイル名を指定します.
   シリアルウインドウに表示される内容がファイルに記録されます.
2. キャプチャを終了するときは,「File」→「Stop Log」をクリックして終了します.

5.10　AP-CUB の仕様

■仕様および外観は，性能向上その他の理由により，予告無く変更することがあります.

表 5.12: AP-CUB の仕様

モデル	AP-CUB
外形寸法	W60 × L110 × H60mm
電源	システム:Ni-Cd または Ni-MH 5 セル (6V) Li-Po 2 セル (7.2V)，許容最大電圧 9.0V サーボ　：Ni-Cd または Ni-MH 5 セル (6V)
動作環境	温度：-25～80 ℃，湿度：結露不可
CPU	ルネサステクノロジ　H8S2638(20MHz)
通信インターフェース	RS232-C
サーボ出力数	6 チャンネル
ラジコン受信機	最低 5 チャンネル．キルスイッチとパラシュート使用の場合には 7 チャンネル
搭載センサ	気圧高度センサ 対気速度センサ 3 軸角速度センサ 2 軸加速度センサ
GPS	SBAS 対応 (※) 12 チャンネル連続トラッキング方式 位置精度 (水平 95%):5.0m(単独測位)，1.0m(SBAS)

※ SBAS : 日本では MTSAT が試験信号送出により運用されています．正式な運用開始時期については国土交通省のホームページ (http://www.kasc.go.jp/) を参照してください.

5.11　Polar Star の動作環境

- OS:Microsoft Windows XP(SP2) 以上
- CPU:Pendium4　2.66GHz 以上
- メモリ：256MB 以上
- ビデオメモリ：64MB 以上
- HD の空き容量：5MB 以上+デジタルマップのファイルサイズ

関連図書

[1] Lambregts, A. A., *Integrated System Design for Flight and Propulsion Control Using Total Energy Principles*, AIAA paper 83-2561, 1983.

[2] Voth, C. and Ly, U., *Design of a Total Energy Control Autopilot Using Constrained Parameter Optimization*, J. Guidance, Vol.14, No.5, 1991.

索 引

ゼノクロス

〒 890-0061 鹿児島市天保山町 14-3
TEL:099-213-0511
FAX:099-213-0585
e-mail:uav@xenocross.net